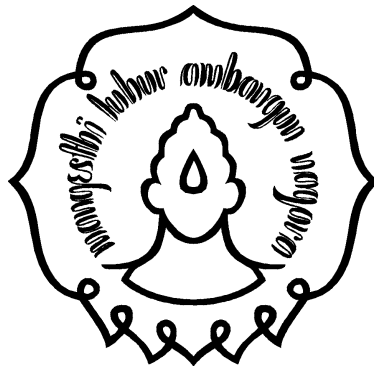


**PERBEDAAN KADAR KORTISOL AKIBAT BISING  
PESAWAT UDARA PADA MASYARAKAT DI SEKITAR  
BANDARA ADI SUMARMO BOYOLALI**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



**YUSUF ARI MASHURI**

**G0005216**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2009**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Kemajuan peradaban telah menggeser perkembangan industri ke arah penggunaan mesin-mesin, dan alat-alat transportasi berat (Arifiani, 2004). Alat-alat transportasi bermesin baik udara, laut, maupun darat digunakan untuk membantu mobilitas manusia dalam melaksanakan tugasnya (Wisnu, 1995). Namun, pemanfaatan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin kompleks, ternyata menimbulkan berbagai masalah lingkungan (Soekarman, 2002). Pertambahan transportasi yang pesat ini akan menimbulkan hasil sampingan berupa bising (Doelle, 1990). Bandar udara sebagai tempat pertemuan segala aktivitas penerbangan merupakan salah satu sumber yang berpotensi dalam mencemari udara terutama dalam hal kebisingan (Bagoes, 2007). Akibatnya kebisingan makin dirasakan mengganggu dan dapat memberikan dampak pada kesehatan (Arifiani, 2004).

Bising yang terdapat di bandar udara terutama berasal dari mesin pesawat jet yang mempunyai frekuensi tinggi dan intensitas besar, yaitu 90-110 dB atau lebih (Wirosoekarto, 1993). Bunyi dari pesawat jet yang lepas landas akan memecahkan telinga orang yang ada di dekat landasan pacu (Natalial, 2003). Beberapa pengaruh tipikal akibat bising dapat mengganggu pendengaran yaitu salah mendengar dan kehilangan pembicaraan, gangguan komunikasi dan *annoyance* (gangguan umum). Selain itu, bising dapat menjadi stresor yang memodulasi sistem imun (Kui-Cheng, 2007).

Pada kondisi stres terjadi peningkatan sekresi *corticotropic releasing factor* (CRF) oleh hipotalamus, yang menyebabkan pelepasan *adrenocorticotropic hormon* (ACTH). Kemudian ACTH mengaktifkan proses biosintesis dan melepaskan glukokortikoid terutama kortisol dari korteks adrenal (Gunawan, 2007). Hasil penelitian pada mencit menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar kortisol serta penurunan jumlah limfosit dan kadar IgG serum ( $p < 0,01$ ). Paparan bising dengan waktu 5 jam perhari dengan intensitas 90 dB (A) selama 3 hari menunjukkan kenaikan kadar kortisol, penurunan CD4<sup>+</sup> dan kadar IgG serum ( $p < 0,01$ ) (Kui-Cheng, 2007)

Berdasar latar belakang di atas, penulis ingin mengetahui perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali.

## **B. Perumusan Masalah**

Adakah perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali.

#### **D. Manfaat Penelitian**

##### 1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan tentang dampak kesehatan akibat kebisingan pesawat terutama pengaruhnya terhadap kadar kortisol.

##### 2. Manfaat Praktis

- a. Penelitian ini diharapkan memberikan gambaran dampak kebisingan pesawat udara terhadap kesehatan khususnya kadar kortisol, sehingga menjadi informasi bagi masyarakat dan pemerintah.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai dampak lingkungan akibat kebisingan pesawat dan dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam penyusunan kebijakan atas perluasan landasan sebagai bandara internasional

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Bising

###### a. Definisi

Bising adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan (Buchari, 2007). Gabriel (1996) mendefinisikan bising sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam (bicara, pidato) dan buatan manusia (bunyi mesin). Sedangkan menurut Doello (1993) definisi standar bising yaitu setiap bunyi yang tidak dikehendaki oleh penerima. Suatu bunyi dinyatakan bising atau tidak ditentukan oleh pengukuran intensitas atau arus per energi per satuan luas yang dinyatakan dalam satuan logaritma yang disebut desibel (dB) (Soekidjo, 1997).

###### b. Pembagian kebisingan

Suma'mur (1996) menyebutkan bahwa jenis-jenis kebisingan yang sering ditemukan adalah:

- 1) kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi yang luas (*steady state, wide band noise*), misalnya mesin-mesin, kipas angin, dapur pijar, dan lain-lain.
- 2) kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi sempit (*=steady state, narrow band noise*), misalnya gergaji sirkuler, katup gas, dan lain-lain.

- 3) kebisingan terputus-putus (*=intermitten*), misalnya lalu lintas, suara kapal terbang di lapangan udara.
- 4) kebisingan impulsif (*=impact or impulsive noise*), misalnya pukulan tumpul, tembakan bedil atau meriam, dan ledakan.
- 5) kebisingan impulsif berulang, misalnya mesin tempa di perusahaan.

Sumber bising utama menurut Doello (1993) diklasifikasikan dalam kelompok:

- 1) Bising interior; berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga, atau mesin-mesin gedung.
- 2) Bising luar; berasal dari lalu lintas, transportasi, industri, alat-alat mekanis yang terlihat dalam gedung, tempat pembangunan gedung-gedung, perbaikan jalan, kegiatan olah raga dan lain-lain di luar gedung, dan iklan (*advertising*).

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, (Buchari, 2007) bising dapat dibagi atas:

- 1) Bising yang mengganggu (*Irritating noise*). Intensitasnya tidak terlalu keras, misalnya mendengkur.
- 2) Bising yang menutupi (*Masking noise*) merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja, karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain.

3) Bising yang merusak (*damaging / injurious noise*) adalah bunyi yang intensitasnya melampaui NAB. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

c. Kebisingan Pesawat Udara

Kebisingan di bandar udara pada umumnya disebabkan oleh aktivitas bandara tersebut yang bersumber dari banyak hal seperti kendaraan bermotor, aktivitas pembangunan, dan operasional bandar udara yang dalam hal ini bersumber dari mesin pesawat udara (Bagoes, 2007). Bising yang terdapat di bandar udara terutama berasal dari mesin pesawat jet yang mempunyai frekuensi tinggi dan intensitas besar, yaitu 90-110 dB atau lebih (Wirosoekarto, 1993).

Pesawat menggunakan energi bahan bakar minyak untuk pembakaran yang dapat menggerakkan mesin pesawat sehingga dapat bergerak dan terbang. Peristiwa fisika ini menghasilkan energi yang terbuang yakni suara mesin menjadi bising, timbulnya getaran udara, dan asap yang menyebabkan dampak lingkungan (Sindhusakti, 2000).

d. Dampak Bising Terhadap Kesehatan

Bising dapat berdampak pada gangguan kesehatan individu. Faktor yang mempengaruhi dampak kebisingan terhadap gangguan kesehatan adalah :

- 1) Kuatnya bising,
- 2) Tipe bising tersebut (terus menerus, sementara, frekuensi melengking atau tinggi),

### 3) Lama pajanannya (Karvanen, 1996)

Berbagai dampak kebisingan yang merugikan kesehatan antara lain

:

#### 1) Gangguan fisiologis

Efek fisiologis kebisingan terhadap kesehatan manusia dapat dibedakan dalam efek jangka pendek dan efek jangka panjang. Efek jangka pendek yang terjadi dapat berupa refleks otot-otot berupa kontraksi otot-otot, refleks pernapasan berupa takipneu, dan respon sistem kardiovaskuler berupa takikardia, meningkatnya tekanan darah, dan sebagainya, namun dapat pula terjadi respon pupil mata berupa miosis, respon gastrointestinal yang dapat berupa gangguan dismotilitas sampai timbulnya keluhan dispepsia, serta dapat terjadi pecahnya organ-organ tubuh selain gendang telinga (yang paling rentan adalah paru-paru). Efek jangka panjang terjadi akibat adanya pengaruh hormonal. Efek ini dapat berupa gangguan homeostasis tubuh karena hilangnya keseimbangan simpatis dan parasimpatis yang secara klinis dapat berupa keluhan psikosomatik akibat gangguan saraf otonom, serta aktivasi hormon kelenjar adrenal seperti hipertensi, disritmia jantung (Arifiani, 2004)

#### 2) Gangguan Pendengaran

Efek pada pendengaran adalah gangguan paling serius karena dapat menyebabkan ketulian (Roestam, 2004). Ketulian



bersifat progresif, mula-mula efek kebisingan pada pendengaran adalah sementara dan pemulihan terjadi secara cepat sesudah dihindarkan dari sumber bising, namun bila terus-menerus bekerja di tempat bising, daya dengar akan hilang secara menetap dan tidak akan pulih kembali (Suma'mur, 1996).

### 3) Gangguan Psikologis

Dampak psikologis akibat bising lingkungan telah lama dipelajari dalam penelitian epidemiologi di antaranya ketergangguan (*annoyance*), kesehatan psikososial, dan gangguan psikiatrik. Efek paling utama dari bising yang telah diteliti dalam penelitian epidemiologi adalah ketergangguan (*annoyance*) (Passchier, 2000)

Sedangkan menurut Roestam (2004) gangguan psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang konsentrasi, susah tidur, cepat marah. Bila kebisingan diterima dalam waktu lama dapat menyebabkan penyakit psikosomatik berupa gastritis, stres, kelelahan, dan lain-lain.

### 4) Gangguan Komunikasi

Bising dapat mengganggu komunikasi yang berakibat menurunnya kualitas bisnis dan pendidikan (Arifiani, 2004). Gangguan komunikasi biasanya disebabkan *masking effect* (bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas) atau gangguan kejelasan

suara. Komunikasi pembicaraan harus dilakukan dengan cara berteriak (Roestam, 2004).

#### 5) Sistem Hormonal

Bising sebagai salah satu penyebab stres dapat mempengaruhi tubuh dengan meningkatkan sekresi dari hormon stres, contohnya adrenalin dan dopamin (Kui-Cheng, 2007). Selain itu, stresor juga akan menyebabkan perubahan fisiologis untuk membantu individu mengatasi stresor. Aktivasi stres akan melibatkan poros *hypothalamic – pituitary - adrenocortical axis* (HPA axis) (Padgett, 2003). Stresor menyebabkan peningkatan *corticotropin releasing factor* (CRF) hipotalamus, yang memicu aktivitas HPA aksis (Spreng, 2000). Pada kondisi stres terjadi peningkatan sekresi *corticotropic releasing factor* (CRF) oleh hipotalamus, yang menyebabkan pelepasan *adrenocorticotropic hormon* (ACTH). Kemudian ACTH mengaktifkan proses biosintesis dan melepaskan glukokortikoid terutama kortisol dari korteks adrenal (Gunawan, 2007)

#### e. Metode Pengukuran Bising Pesawat Udara

Nilai ekuivalen tingkat kebisingan yang dapat diterima terus-menerus selama suatu rentang waktu dengan pembobotan tertentu adalah (WECPNL) adalah rating terhadap tingkat gangguan bising yang mungkin dialami oleh penduduk di sekitar bandara sebagai akibat dari frekuensi operasi pesawat udara pada siang dan malam hari

(Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/109/VI tahun 2000):

$$\begin{aligned} \text{WECPNL} &= L_A + 10 \text{ Log } N - 27 \\ N &= N_2 + 3N_3 + 10 (N_1 + N_4) \end{aligned}$$

$L_A$ : Kekuatan rata-rata dari tingkat-tingkat tinggi kebisingan pesawat 10 dB atau jauh lebih besar dari kebisingan latar belakang.

$N$  : Jumlah pesawat yang berangkat tiap jam.

$N_1$  : Jumlah keberangkatan dan kedatangan pesawat pada pukul 24.00 – 07.00

$N_2$  : Jumlah keberangkatan dan kedatangan pesawat pada pukul 07.00 – 19.00

$N_3$  : Jumlah keberangkatan dan kedatangan pesawat pada pukul 19.00 – 22.00

$N_4$  : Jumlah keberangkatan dan kedatangan pesawat pada pukul 22.00 – 24.00

Penentuan kriteria kebisingan dalam kawasan kebisingan bandara yaitu pemberian arahan dan kriteria kebisingan bagi bangunan-bangunan yang berada dalam kawasan kebisingan. Terdapat 3 (tiga) kriteria kawasan kebisingan sesuai dengan besarnya WECPNL, yaitu Kawasan Kebisingan Tingkat I ( $70 < \text{WECPNL} < 75$ ), Tingkat II

(75<WECPNL<80) dan Tingkat III (WECPNL>80) (Keputusan Menteri Perhubungan No. Km 48 Tahun 2002).

## 2. Kortisol

### a. Kortisol

Kortisol merupakan hormon kortikosteroid yang diproduksi di zona fasikulata korteks adrenal (dalam glandula adrenal) (IBL-Hamburg GmbH, 2005). Produksi dan sekresi kortisol distimulasi oleh *adrenocorticotropic hormone* (ACTH). Kortisol mempunyai beberapa efek fisiologis pada tubuh. Hormon ini secara efektif menjaga tekanan darah, dan mempunyai aktivitas anti-inflamasi, berperan dalam absorpsi kalsium, dan glukoneogenesis (ALPCO Diagnostics, 2006).

Kortisol mempunyai beberapa efek terhadap:

#### 1) Metabolisme karbohidrat

Efeknya terhadap metabolisme karbohidrat dapat berupa:

Perangsangan glukoneogenesis. Sejauh ini efek metabolik yang paling terkenal dari kortisol dan glukokortikoid lainnya terhadap metabolisme adalah kemampuan kedua hormon ini untuk merangsang proses glukoneogenesis oleh hati, seringkali meningkatkan kecepatan glukoneogenesis sebesar 6 sampai 10 kali lipat. Keadaan ini terutama disebabkan oleh dua efek kortisol (Guyton, 1997).

Pertama, kortisol meningkatkan semua enzim yang dibutuhkan untuk mengubah asam-asam amino menjadi glukosa

dalam sel-sel hati. Hal ini dihasilkan dari efek glukokortikoid untuk mengaktifkan transkripsi DNA di dalam inti sel hati dalam cara yang sama dengan fungsi aldosteron di dalam sel-sel tubulus ginjal, disertai dengan pembentukan RNA *mesenger* yang selanjutnya dapat dipakai untuk menyusun enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses glukoneogenesis (Guyton, 1997).

Kedua, kortisol menyebabkan pengangkutan asam-asam amino dari jaringan ekstrahepatik, terutama dari otot. Akibatnya semakin banyak asam amino tersedia dalam plasma, untuk masuk dalam proses glukoneogenesis dalam hati dan oleh karena itu akan meningkatkan pembentukan glukosa (Guyton, 1997).

Selain itu, kortisol juga berperan dalam penurunan pemakaian glukosa oleh sel-sel tubuh. Walaupun penyebab penurunan ini tidak diketahui, sebagian besar ahli fisiologi percaya bahwa pada suatu tempat masuknya glukosa ke dalam sel dan tempat pecahnya kortisol yang terakhir, secara langsung memperlambat kecepatan pemakaian glukosa. Dugaan mekanisme ini didasari pada pengamatan yang menunjukkan bahwa glukokortikoid menekan proses oksidasi nikotinamid-adenin-dinukleotida (NADH) untuk membentuk  $\text{NAD}^+$ . Oleh karena NADH harus dioksidasi agar menimbulkan glikolisis, efek ini dapat berperan dalam mengurangi pemakaian glukosa oleh sel (Guyton, 1997). Peningkatan kecepatan glukoneogenesis dan

berkurangnya kecepatan pemakaian glukosa oleh sel-sel dapat meningkatkan konsentrasi glukosa darah (Guyton, 1997).

## 2) Metabolisme protein

Salah satu efek utama dari kortisol terhadap sistem metabolisme tubuh adalah kemampuannya mengurangi penyimpanan protein di seluruh sel tubuh kecuali protein dalam hati (Guyton, 1997).

## 3) Metabolisme lemak

Efeknya berupa peningkatan mobilisasi asam lemak dari jaringan lemak (Guyton, 1997)

## 4) ACTH

Kortisol akan menghambat sekresi ACTH oleh kelenjar pituitari melalui mekanisme *negatif feedback*

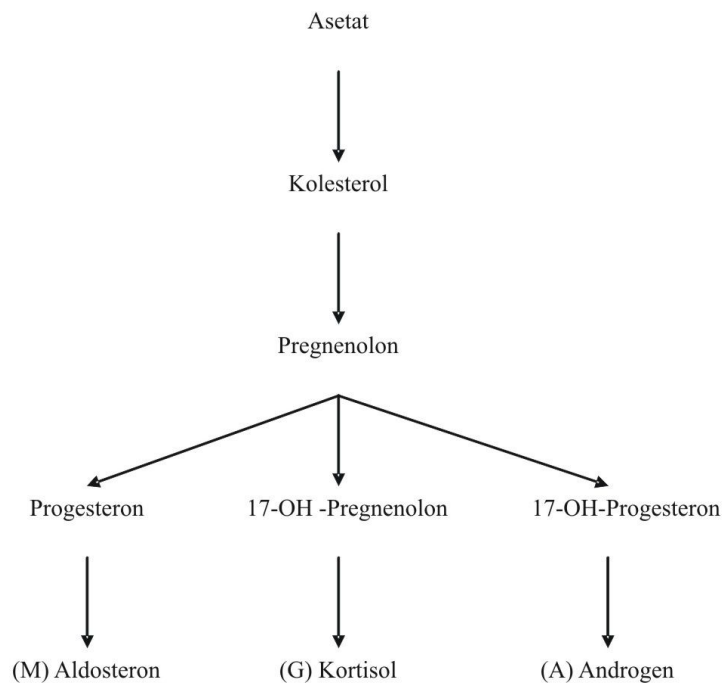
## 5) Sistem imun dan reaksi inflamasi

Kortisol mengurangi reaksi inflamasi dari jaringan luka. Sebagai contoh kortisol menekan pembentukan dan pelepasan asam arakidonat yang merupakan prekursor utama beberapa mediator inflamasi. Hormon ini juga mengurangi proliferasi dan diferensiasi sel mast lokal, menstabilkan lisosom, dan mengurangi produksi faktor aktivator platelet dan nitrit oksida. Semua efek ini didesain untuk menekan respon inflamasi lokal. Glukokortikoid juga menekan respon imun dengan mengurangi jumlah limfosit T4

yang beredar, produksi interleukin dan gamma interferon yang merupakan mediator respon imun (Mitrovic, 2002)

b. Pembentukan hormon kortisol

Semua hormon adrenokortikal (termasuk kortisol) merupakan senyawa steroid. Hormon ini terutama dibentuk dari kolesterol yang diabsorpsi secara langsung dari sirkulasi darah yakni dengan proses endositosis melewati membran sel. Membran ini mempunyai reseptor spesifik untuk lipoprotein densitas rendah yang mengandung kolesterol dengan konsentrasi sangat tinggi, dan proses perlekatan lipoprotein ini dengan membran akan meningkatkan proses endositosis (Guyton, 1997). Proses pembentukan steroid yang penting adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Proses pembentukan kortisol

c. Sekresi kortisol

Sekresi kortisol hampir seluruhnya diatur oleh ACTH yang disekresi oleh kelenjar hipofisis anterior. Sekresi ACTH diatur oleh oleh hormon pelepas yang dihasilkan hipotalamus. Hormon tersebut adalah faktor pelepas kortikotropin (CRF) (Guyton, 1997). Jadi sekresi kortisol diatur oleh sebuah aksis yaitu Hypothalamus-Pituitary-Adrenal (HPA) (Spreng, 2000).

d. Sirkulasi Kortisol

Sekitar 75% dari seluruh kortisol yang beredar di sirkulasi terikat oleh protein plasma yaitu transkortin atau *corticosteroid binding globulin* (CBG). Sekitar 15% terikat oleh albumin dan 10% lagi tidak terikat atau bebas. Kortisol bebas inilah yang secara biologi aktif dan juga diregulasi (Mitrovic, 2002). Pada umumnya kortisol ini akan menetap dalam jaringan target atau dihancurkan dalam waktu satu atau dua jam (Guyton, 1997).

e. Metabolisme dan ekskresi kortisol

Seperti sebagian besar steroid, kortisol dimetabolisme di hati. Kortisol mempunyai waktu paruh 60-90 menit di dalam sirkulasi. Selanjutnya, kortisol akan direduksi menjadi dihidrokortisol dan kemudian menjadi tetrahidrokortisol dan akan berkonjugasi dengan asam glukoronat. Sebagian kortisol juga diubah menjadi kortison di hati. Kortison juga akan direduksi dan dikonjugasi menjadi tetrahidrokortison glukoronat. Derivat tetrahidroglukoronat dari



kortisol dan kortison larut air dan akan diekskresi melalui urin (Mitrovic, 2002).

f. Pengukuran kadar kortisol

Sintesis kortisol dan hormon steroid lainnya yang diproduksi zona fasikulata adrenal diatur oleh ACTH (Mitrovic, 2002). Kecepatan sekresi CRH, ACTH, dan kortisol semuanya tinggi pada awal pagi hari, tetapi rendah pada sore hari. Kadar kortisol plasma berkisar antara kadar paling tinggi kira-kira 20 mikrogram/dl satu jam sebelum matahari terbit di pagi hari dan paling rendah kira-kira 5 mikrogram/dl di tengah malam (Guyton, 1997).

Kadar kortisol dalam plasma diukur dengan teknik *Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay* (ELISA) berdasar pada pengikatan kompetitif. Kompetisi terjadi antara antigen tidak berlabel dan antigen berlabel enzim untuk berikatan dengan dengan sisi pengikat antibodi yang terbatas yang berada dalam cawan mikropipet. Kortisol dalam sampel pasien akan berkompetisi dengan kortisol *horseradish peroxidase* untuk berkonjugasi dengan antibodi. Setelah diinkubasi, prosedur pencucian akan membuang materi yang tidak terikat. substrat enzim kemudian ditambahkan setelah proses pencucian, sehingga terjadi reaksi enzimatik. Reaksi enzimatik akan dihentikan dengan menambahkan larutan penghenti. Penyerapan diukur dengan oleh pembaca cawan mikrotiter. Intensitas warna yang muncul akan

mengindikasikan konsentrasi kortisol dalam sampel pasien. (IBL-Hamburg GmbH, 2005).

### **3. Pengaruh bising terhadap kadar kortisol**

Stres dideskripsikan sebagai pengalaman emosional negatif disertai perubahan reaksi biokimiawi, fisiologis, kognitif dan perilaku yang bertujuan untuk mengubah atau menyesuaikan diri terhadap situasi yang menyebabkan stres. Hans Selye dalam penelitiannya menggunakan stimulus untuk menimbulkan reaksi fisiologik yang disebut *General Adaptation Syndrome* (GAS). Menurut teorinya stresor fisik maupun psikologik akan mengakibatkan 3 tingkatan gejala adaptasi umum; tahap reaksi alarm (*alarm reaction*), resistensi (*resistance*) dan tahap kehabisan tenaga (*exhaustion*). Faktor-faktor yang dapat menimbulkan stres disebut stresor. Stresor dibedakan atas 3 golongan Gunawan (2007) yaitu :

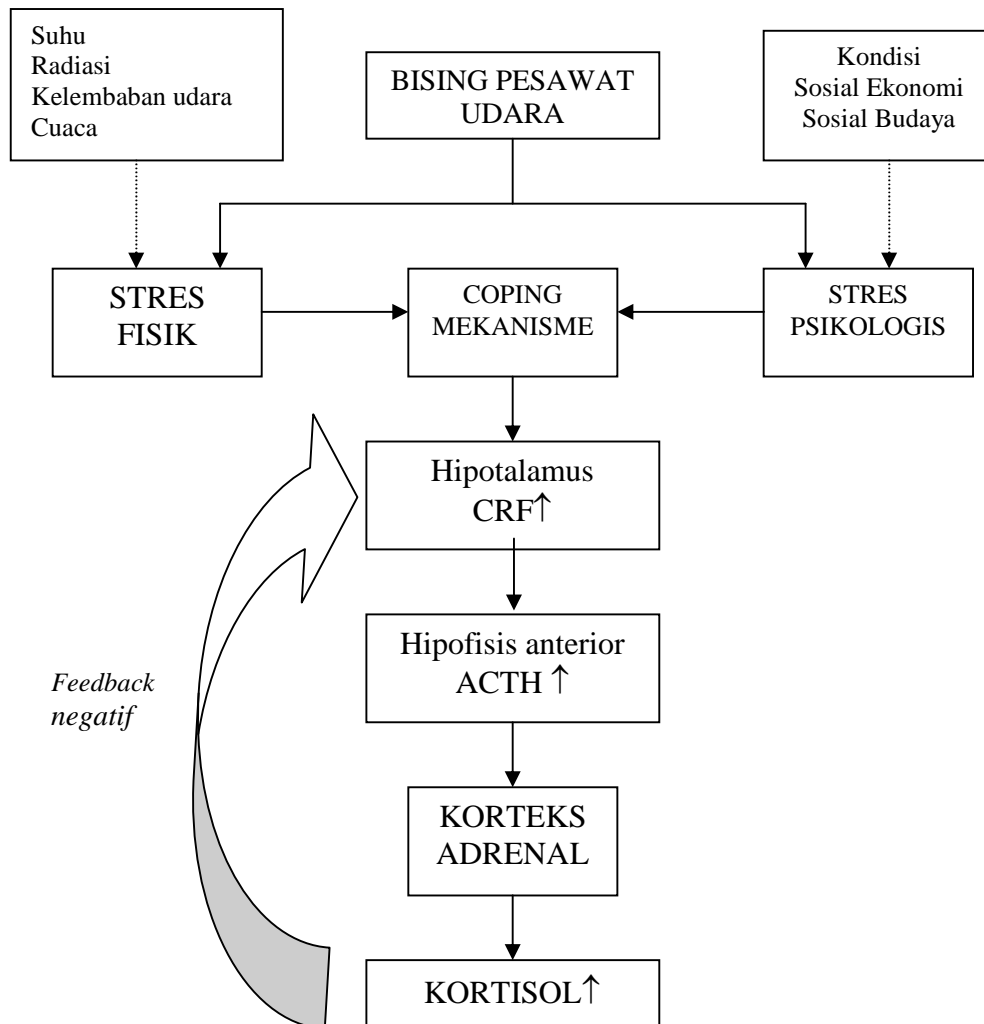
- a. Stresor fisikbiologik: dingin, panas, infeksi, rasa nyeri, pukulan dan lain-lain.
- b. Stresor psikologis: takut, khawatir, cemas, marah, kekecewaan, kesepian, jatuh cinta dan lain-lain.
- c. Stresor sosial budaya: menganggur, perceraian, perselisihan dan lain-lain.

Peningkatan suara dengan gelombang kompleks yang tidak beraturan dikenal sebagai bising, merupakan salah satu stresor bagi individu. Demikian juga dengan kebisingan yang ditimbulkan oleh lalu-

lalang pesawat udara di bandara, turut menimbulkan stres bagi individu-individu yang tinggal di sekitarnya. Bila hal tersebut terjadi berulang kali dan terus menerus sehingga melampaui adaptasi individu maka berakibat terjadi kondisi stres yang merusak atau sering disebut distres (Budiman, 2004).

Aksis *hypothalamo-pituitary-adrenal* (HPA) menerima berbagai input, termasuk stresor yang akan mempengaruhi neuron bagian *medial parvocellular nucleoparaventricular hypothalamus* (mpPVN). Neuron tersebut akan mensintesis *corticotropin releasing hormone* (CRH) dan *arginine vasopressin* (AVP), yang akan melewati sistem portal untuk dibawa ke hipofisis anterior. Reseptor CRH dan AV akan menstimulasi hipofisis anterior untuk mensintesis *adrenocorticotropin hormone* (ACTH) dari prekursornya *proopiomelanocortin* (POMC) serta mengsekresikannya. Kemudian ACTH mengaktifkan proses biosintesis dan melepaskan glukokortikoid dari korteks adrenal kortison pada rodent dan kortisol pada primata. Steroid tersebut memiliki banyak fungsi yang diperantarai reseptor penting yang mempengaruhi ekspresi gen dan regulasi tubuh secara umum serta menyiapkan energi dan perubahan metabolik yang diperlukan organisme untuk proses *coping* terhadap stresor (Gunawan, 2007).

## B. Kerangka Pemikiran



diteliti : \_\_\_\_\_

Tidak diteliti : .....

## C. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah ada perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian ini bersifat observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*.

#### **B. Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan pada masyarakat di sekitar landasan pacu Bandara Adi Sumarmo Boyolali tepatnya Desa Dibal dan Desa Gagak Sipat Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali. Desa tersebut dipilih sebagai daerah kajian sebab: Berada di ujung landasan pendaratan pesawat (sebelah timur landasan berjarak < 500 m dari landasan) dengan intensitas kebisingan rata-rata cukup tinggi mencapai 95,67 dB skala *Weighted Equivalent Continouse Perceived Noise Level* (WECPNL) (Sindhusakti, 2000; Hartono, 2006; Hartono *et al.*, 2007).

Sebagai kelompok kontrol dipilih Dusun Ngepreh Desa Dibal Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali yang jaraknya >1000 m dari landasan pacu bandara dengan intensitas kebisingan rata-rata 50,70 dB skala WECPNL (peta terlampir)

#### **C. Subjek Penelitian**

Subjek penelitian ini adalah penduduk di Desa Dibal dan Desa Gagak Sipat Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali.

#### **D. Populasi dan Sampel**

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh penduduk di Desa Dibal dan Desa Gagak Sipat Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali yang memenuhi kriteria sebagai berikut :

Inklusi:

Perempuan (Melamed, 1992), menikah (Darby, 2008), pekerjaan sebagai ibu rumah tangga, berumur 20-40 tahun, tinggal di desa tersebut minimal 1 tahun.

Eksklusi:

Mengonsumsi obat-obatan atau jamu, dalam kondisi hamil, menderita sakit telinga/tuli dan menderita sakit infeksi (demam, flu, diare) serta Diabetes Melitus.

Berdasarkan jarak tempat tinggal dengan landasan responden dibagi menjadi 3 kelompok dengan ketentuan sebagai berikut:

Kelompok 1: Responden yang bertempat berjarak  $< 500$  m dari ujung landasan bandara dengan intensitas kebisingan  $> 75$  dB skala WECPNL (kelompok paparan II)

Kelompok 2: Responden yang bertempat tinggal berjarak 500-1000 m dari ujung landasan bandara dengan intensitas kebisingan 70-75 dB skala WECPNL (kelompok paparan I)

Kelompok 3: Responden yang bertempat tinggal jauh ( $>1000$  m) dari ujung landasan bandara dengan intensitas kebisingan  $< 70$  dB skala WECPNL (kelompok kontrol)

### E. Teknik *Sampling*

Teknik pengambilan sampel yang dipakai adalah *simple random sampling*. Subjek yang memenuhi kriteria dipilih sejumlah  $n$  sampel secara random. Jumlah sampel dihitung berdasarkan rumus dari Snedecor and Cochran, dengan menggunakan program *Win Episcopo 2.0* (Goberino, 1998) dengan *estimate difference between means* ( $\alpha = 0.05$ ):

$$n = \left[ \frac{(Z_{(a)} + Z_{(b)}) \cdot S_D}{m_1 - m_2} \right]^2$$

$Z_{(a)}$  : tingkat kepercayaan yang diinginkan

$Z_{(b)}$  : Tingkat signifikan yang diinginkan

$S_D$  : Standar Deviasi (yang diharapkan)

$m_1$  : Nilai rata-rata dari nilai parameter kelompok kontrol

$m_2$  : Nilai rata-rata yang diharapkan dari nilai parameter kelompok perlakuan

Apabila  $Z_{(a)} = 95\%$ ,  $Z_{(b)} = 95\%$ , dan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya di daerah tersebut (Hartono, 2006) terhadap jumlah limfosit dimana didapatkan  $S_D = 700$ ;  $m_1 = 3,6 \times 10^3 / \mu\text{m}$ ;  $m_2 = 2,5 \times 10^3 / \mu\text{m}$ , maka diperoleh jumlah sampel perkelompok = 11, sebagai cadangan 2 sampel perkelompok. Total sampel 39 orang.

## **F. Identifikasi variabel penelitian**

1. Variabel bebas : perbedaan intensitas bising
2. Variabel terikat : kadar kortisol plasma
3. Variabel luar :
  - a. Variabel luar yang dapat dikendalikan: umur, jenis kelamin, penyakit infeksi, gangguan pendengaran, riwayat minum jamu/obat-obatan, suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya.
  - b. Variabel luar yang tidak dapat dikendalikan: kondisi sosial ekonomi, dan kondisi sosial budaya masyarakat.

## **G. Definisi operasional penelitian**

1. Variabel bebas: perbedaan intensitas bising

Perbedaan intensitas bising adalah perbedaan yang disebabkan oleh aktivitas pesawat udara di Bandara Adi Sumarmo baik pada waktu *take-off* ataupun *landing* dan jarak antara sumber kebisingan dengan masing-masing kelompok penelitian diukur dengan *Sound Level Meter*. Berdasarkan perbedaan intensitas bising yang diperoleh responden dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok I paparan bising intensitas tinggi, kelompok II paparan bising tingkat sedang, dan kelompok III paparan bising tingkat rendah.

Skala pengukuran variabel ini adalah skala ordinal

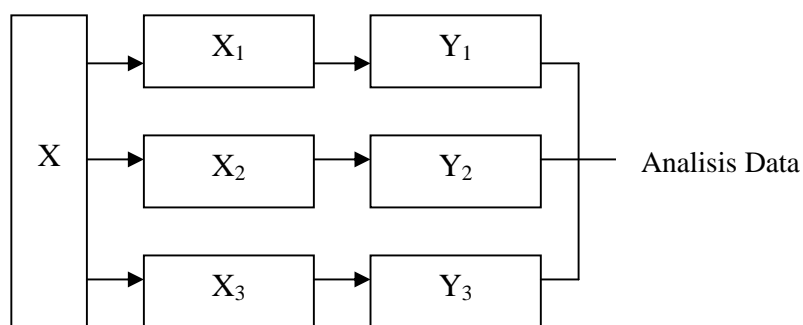


2. Variabel terikat : kadar kortisol plasma

Kadar kortisol adalah jumlah kortisol yang terdapat dalam plasma, diambil dari darah vena responden diperiksa dengan metode *Enzym-linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)*, satuan:  $\mu\text{g/ml}$ .

Skala pengukuran variabel ini adalah rasio.

**H. Alur Penelitian**



Keterangan:

X : Masyarakat Desa Dibal dan Desa Gagak Sipat Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali

X<sub>1</sub> : Kelompok I berjarak <500 dari ujung landasan bandara dengan intensitas bising >75 dB skala WECPNL

X<sub>2</sub> : Kelompok II berjarak 500-1000 dari ujung landasan bandara dengan intensitas bising 70-75 dB skala WECPNL

X<sub>3</sub> : Kelompok III berjarak relatif jauh (>1000 m) dari ujung landasan bandara dengan intensitas bising <70 dB skala WECPNL

Y<sub>1</sub> : Kadar kortisol kelompok I

Y<sub>2</sub> : Kadar kortisol kelompok II

Y<sub>3</sub> : Kadar kortisol kelompok III

## I. Instrumen dan Cara Kerja Penelitian

### 1. Bahan

Bahan yang digunakan ; Tabung Venoject EDTA, Tabung mikro ukuran 0,5 ml, Tabung mikro ukuran 1,5 ml, Mikropipet 1 set, Kit *Immunochemiluminescent human-kortisol*

### 2. Alat

Alat yang digunakan: ELISA *reader*, *Sound Level Meter*

### 3. Cara Kerja

#### a. Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan dilakukan dua cara yaitu, pengukuran kebisingan dilakukan pada saat pesawat melintas dan kebisingan *back ground* lingkungan sekitar tanpa dipengaruhi oleh kebisingan pesawat. Pengukuran dengan menggunakan alat Sound Level Meter (SLM) merk Extech model 407735 buatan Jepang.

Tiap area dilakukan pengukuran pada tiga titik dengan *portable* SLM dan besaran fisis akustik terukur dB dalam pembebanan A. SLM diletakkan dengan filter yang sejajar dengan telinga. SLM diatur pada fungsi maksimum *value* untuk mengukur tingkat bising maksimum pada waktu-waktu pesawat melintas sehingga dapat menutup tingkat bising latar. Cara pencatatan besaran fisis akustik adalah dengan mencatat tingkat kebisingan maksimum (*peak level*) yang terjadi di daerah bersangkutan saat pesawat

melintas untuk *take-off* dan *landing* dan jam-jam terjadinya dicatat. Prosedur rating tingkat bising yang digunakan adalah *Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level* (WECPNL). Persamaannya sebagai berikut

$$\text{WECPNL} = \text{dB(A)} + 10 \text{ Log } N - 27$$

$$N = N_1 + 3N_2 + 10N_3$$

dB(A): nilai desibel rata-rata dari setiap puncak kesibukan pesawat dalam satu hari

N : jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat dalam 24 jam

N1 : jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat dari jam 07.00-19.00

N2 : jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat dari jam 19.00-22.00

N3 : jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat dari jam 22.00-07.00

(Bagoes, 2007; Kusmiati *et al*, 2006)

Dari besaran dB(A) terukur dikonversikan menjadi WECPNL sesuai dengan jumlah pesawat yang melintas selama 24 jam. Perhitungan WECPNL diambil dari rata-rata dB(A) maksimum dalam sehari dan jumlah pesawat melintas dalam jam-jam tertentu dimasukkan ke dalam N. Untuk pengukuran kebisingan latar, cara pencatatan nilai besaran fisis didapat

dari dalam satu jam selama 10 menit dan pembacaan setiap 5 detik diambil data lalu dirata-rata. Pengukuran ini dilakukan selama bandara beroperasi yaitu dari pukul 06.00 sampai dengan pukul 19.00 (Sindhusakti, 2000; Kusmiati *et al.*, 2006)

a. Subjek

Sebelum dilakukan penentuan sampel, dilakukan pendataan tentang karakteristik responden (umur, jenis kelamin, dan jenis pekerjaan) dengan mengedarkan kuesioner maupun data yang terkait dengan kriteria subjek. Responden yang memenuhi kriteria diambil 13 tiap kelompok (2 responden sebagai cadangan) sebagai sampel secara *simple random sampling*.

b. Pengukuran Kortisol

Setelah sampel ditetapkan diambil darah (*whole blood*) responden sebanyak 4 ml pada pukul 07.00, selanjutnya dilakukan penghitungan kadar kortisol dengan metode *Enzym-linked Immuno Sorbent Assay (ELISA)*.

**J. Teknik Analisis Data**

1. Uji homogenitas, membuktikan homogenitas data.
2. Uji Anova untuk membuktikan perbedaan kadar kortisol
3. Uji LSD untuk mengetahui letak perbedaan kadar kortisol masing-masing kelompok

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### A. Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup yang dimaksudkan adalah kondisi lingkungan hidup dimana kegiatan Bandara Adi Sumarmo Boyolali tersebut dilaksanakan. Komponen lingkungan yang akan dikaji antara lain, curah hujan, suhu, kelembaban, dan kualitas udara ambien, yang di ukur pada tiga area yang mewakili masing-masing kelompok.

##### 1. Curah hujan.

Data curah hujan sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali selama 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Data curah hujan daerah sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali (1997-2006)

No	Tahun	Jumlah curah hujan (mm)
1	1997	1.547
2	1998	3.161
3	1999	2.185
4	2000	2.148
5	2001	1.921
6	2002	2.231
7	2003	1.707
8	2004	2.374
9	2005	3.651
10	2006	3.661
<b>Rata-Rata</b>		<b>2459</b>

Sumber data : Stasiun Klimatologi Bandara Adi Sumarmo, Boyolali

Berdasarkan data di stasiun klimatologi tersebut diketahui bahwa curah hujan tahunan rata-rata di daerah sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali adalah 2459 mm/tahun, dengan curah hujan paling rendah setinggi 1547 mm terjadi pada tahun 1997 dan curah hujan tertinggi terjadi

pada tahun 2006 dengan curah hujan setinggi 3661 mm. Data curah hujan tersebut menggambarkan curah hujan di sekitar bandara secara keseluruhan.

## 2. Komponen Udara.

Komponen udara yang dimaksud di sini adalah meliputi komponen fisika antara lain; suhu, kelembaban, cuaca, tekanan udara, kecepatan angin dan arah angin. Komponen kimia udara meliputi total partikel debu dan O<sub>3</sub>. Pengukuran dilakukan di tiga titik sesuai dengan pembagian area penelitian. Hasil pemantauan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

**Tabel 2.** Kualitas udara di Area I, II dan III sekitar landasan pacu Bandara Adi Sumarmo Boyolali

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis			Baku Mutu
			Area I	Area II	Area III	
<b>FISIKA</b>						
1.	Suhu Udara	<sup>0</sup> C	33	33	34	
2.	Kelembaban Udara	%	60	65	64	
3.	Cuaca	-	Cerah	Cerah	Cerah	
4.	Tekanan Udara	Atm	1,00	1,00	1,00	
5.	Kecepatan angin	Km/jam	7,4-14,9	8,5-14,9	8,3-11,3	
6.	Arah angin		selatan	selatan	selatan	
<b>KIMIA</b>						
1.	Total partikel debu	µg/Nm <sup>3</sup>	50,95	39,70	30,03	230
2.	Oksidan (O <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	2,097	0,635	2,112	200

Sumber: Hasil Analisis Kualitas Udara, Mei 2009.

\* Baku mutu kebisingan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Kualitas Udara Ambien

Dari hasil tabel 2 dapat diketahui bahwa untuk area I, II dan III dari landasan pacu Bandara Adi Sumarmo, semua parameter yang dianalisis masih berada di bawah ambang baku mutu udara ambien.

## B. Karakteristik Responden

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Mei 2009. Berdasarkan jarak dengan ujung landasan, responden dibagi menjadi 3 area. Responden yang tinggal pada jarak 0-500 m (area I) pada RT 3, RT 4, dan RT 5 pada RW 2 Desa Dibal, 500-1000 m (area II) pada RT 6 RW 1 Desa Dibal dan RT 1 dan RT 2 RW 7 Desa Gagak Sipat, dan lebih dari 1000 m (area III) pada RT 5 RW 4 Desa Dibal. Data yang diperoleh mengenai karakteristik responden dapat disajikan sebagai berikut:

### 1. Umur

**Tabel 3.** Distribusi responden berdasarkan kelompok umur

No.	Umur (tahun)	Area I		Area II		Area III	
		Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
1	20-25	0	0,00	3	23,07	1	7,70
2	26-30	1	7,70	4	30,77	3	23,07
3	31-35	8	61,53	4	30,77	3	23,07
4	36-40	4	30,77	2	15,39	6	46,16
	<b>Jumlah</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

Sumber: data primer, 2009

**Tabel 4.** Hasil uji statistik umur responden

	Kelompok I (0-500 m)	Kelompok II (500-1000 m)	Kelompok III (> 1000 m)
Umur Responden (tahun)	34,23 $\pm$ 3,76 <sup>a</sup>	29,46 $\pm$ 5,93 <sup>a</sup>	33,61 $\pm$ 5,70 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada satu baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji *Anova* dilanjutkan *Post Hoc Test* dengan  $p > 0,05$

Data selengkapnya pada lampiran A.

## 2. Tingkat Pendidikan

**Tabel 5.** Distribusi responden berdasarkan pendidikan

No.	Pendidikan	Area I		Area II		Area III	
		Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
1	SD	8	61,53	8	61,53	6	46,16
2	SLTP	4	30,77	3	23,07	4	30,77
3	SLTA	1	7,70	2	15,40	3	23,07
4	PT	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	<b>Jumlah</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

Sumber: data primer, 2009

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh data bahwa tingkat pendidikan sebagian besar responden adalah SD area I: 61,53%, area II: 61,53% area III: 46,16%.

## 3. Penghasilan keluarga perbulan

**Tabel 6.** Distribusi responden berdasarkan penghasilan keluarga per bulan masing-masing kelompok

No.	Penghasilan perbulan (Rp)	Area I		Area II		Area III	
		Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
1	0-500.000	8	61,53	7	53,83	6	46,16
2	500.000-1000.000	2	15,40	4	30,77	4	30,77
3	1.000.000-1.500.000	1	7,70	1	7,70	3	23,07
4	1500.000-2000.000	2	15,40	1	7,70	0	0,00
	<b>Jumlah</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

Sumber: data primer, 2009

**Tabel 7.** Hasil uji statistik penghasilan keluarga perbulan masing-masing kelompok

	Kelompok I (0-500 m)	Kelompok II (500-1000 m)	Kelompok III (> 1000 m)
Penghasilan per bulan (Rp)	869.230,76 $\pm$ 4,67 <sup>a</sup>	684.615,38 $\pm$ 4,25 <sup>a</sup>	607.692,30 $\pm$ 2,78 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada satu baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji *Anova* dilanjutkan *Post Hoc Test* dengan  $p > 0,05$

Data selengkapnya pada lampiran B.



4. Keberadaan jamban dan sumber air bersih

**Tabel 8.** Distribusi responden berdasarkan keberadaan jamban dan sumber air bersih dalam rumah masing-masing kelompok

No.	Air bersih dan Jamban	Area I		Area II		Area III	
		Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
1	Ada	13	100,00	13	100,00	13	100,00
2	Tidak ada	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	<b>Jumlah</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>	<b>13</b>	<b>100,00</b>

Sumber: data primer 2009

Berdasarkan hasil kuesioner, diperoleh data bahwa seluruh responden baik area I, area II, maupun area III mempunyai jamban dan sumber air bersih (100%).

5. Kadar Gula darah

**Tabel 9.** Hasil uji statistik kadar gula darah masing-masing kelompok

	Kelompok I (0-500 m)	Kelompok II (500-1000 m)	Kelompok III (> 1000 m)
Kadar gula darah ( $\mu\text{g/dL}$ )	93,76 $\pm$ 15,51 <sup>a</sup>	89,46 $\pm$ 23,48 <sup>a</sup>	84,92 $\pm$ 15,53 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada satu baris menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji *Anova* dilanjutkan *Post Hoc Test* dengan  $p > 0,05$

Data selengkapnya pada lampiran C.

**C. Bising dan Kortisol**

Intensitas bising masing-masing area diukur dengan *Digital Sound Level Meter* merek Extech model 407735. Setelah pengukuran intensitas kebisingan dilakukan, kadar kortisol responden masing-masing area diukur dengan metode *Enzym-linked Immunosorbent Assay* (ELISA). Berikut hasil pengukuran kebisingan dan kadar kortisol:

**Tabel 10.** Pengukuran bising latar, bising pesawat, dan kadar kortisol masing-masing kelompok

	Kelompok I (0-500 m)	Kelompok II (500-1000 m)	Kelompok III (> 1000 m)
Bising Latar (dB(A))	53,39	52,51	42,73
Bising Pesawat (WECPNL)	92,20	71,49	52,17
Kadar kortisol ( $\mu$ g/dL)	13,25 $\pm$ 3,06 <sup>a</sup>	10,19 $\pm$ 3,53 <sup>b</sup>	9,70 $\pm$ 2,05 <sup>b</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada satu baris menunjukkan tidak beda nyata pada uji *Anova* dilanjutkan *Post Hoc Test* dengan  $p > 0,05$

Dari tabel di atas, didapatkan ada beda nyata antar kelompok (area I, area II, area III). Setelah dilakukan uji *Post Hoc* dengan LSD, didapatkan ada beda nyata kadar kortisol antara kelompok I dengan kelompok II, kelompok I dengan kelompok II, sedangkan antara kelompok II dengan kelompok III tidak terdapat beda nyata. Hasil selengkapnya pada lampiran D.

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, umur responden adalah 20-40 tahun. Penelitian yang dilakukan oleh Zi-Yan (2003) menunjukkan bahwa umur mempengaruhi kadar kortisol manusia, dimana semakin bertambah umur, maka kadar kortisol akan meningkat tinggi dalam menghadapi stres. Pada penelitian ini, faktor umur tidak ada perbedaan nyata pada masing-masing area ( $p > 0,05$ ), sehingga faktor umur dapat dikesampingkan dalam pengaruhnya terhadap perbedaan kadar kortisol responden masing-masing area.

Seluruh responden baik dari area I, area II, maupun area III tidak bekerja di luar rumah. Bising latar masing-masing area di bawah NAB yaitu dibawah 55 dB sesuai dengan keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 tahun 1996 tentang baku tingkat kebisingan, sehingga dipastikan bahwa perbedaan kadar kortisol diakibatkan oleh bising pesawat udara dari Bandara Adi Sumarmo, bukan dari kebisingan lain dari tempat kerja, misalnya pabrik pemintalan benang, pabrik tekstil, pabrik kayu lapis, dan lain sebagainya.

Seluruh responden dari area I, area II, maupun area III sudah tinggal di wilayah itu lebih dari 1 tahun. Menurut Passchier (2000) paparan stresor berupa bising pesawat lebih dari 1 tahun berpengaruh signifikan pada manusia.

Seluruh responden tidak menderita penyakit infeksi seperti diare atau flu maupun diabetes melitus. Sehingga kadar kortisol responden berubah bukan oleh stresor berupa penyakit melainkan karena bising pesawat udara.

Seluruh responden dari area I, area II, maupun area III tidak dalam keadaan hamil dan tidak sedang mengkonsumsi obat-obatan atau jamu. Kondisi hamil dapat meningkatkan kadar kortisol pada manusia, begitu pula obat atau jamu yang dikonsumsi secara teratur (Damjanovic, 2008).

Seluruh responden dari area I, area II, maupun area III tidak mengalami gangguan pendengaran. Pada orang yang mengalami gangguan pendengaran, intensitas kebisingan akan dirasakan berbeda dengan orang dengan pendengaran normal, dengan demikian kadar kortisol antara orang yang mengalami gangguan pendengaran normal dengan orang tidak dapat dibandingkan.

Disamping bising, faktor lingkungan lain juga bisa menimbulkan stres antara lain; curah hujan, suhu, kelembaban, cuaca dan kondisi sosial ekonomi. Dari data yang dikumpulkan, curah hujan rata-rata untuk masing-masing area penelitian kondisinya tidak jauh berbeda dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, sehingga kecil kemungkinan curah hujan di sini akan berpengaruh terhadap hasil penelitian. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa untuk area I, area II, dan area III semua parameter komponen udara yang dianalisis yaitu komponen fisika (suhu, kelembaban, cuaca, tekanan udara, kecepatan angin dan arah angin) dan komponen kimia udara meliputi total partikel debu dan  $O_3$  masih berada di bawah ambang baku mutu udara ambien.

Dari data-data tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa kualitas udara untuk masing-masing area penelitian kondisinya hampir sama, sehingga

kecil kemungkinan bahwa komponen udara akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil penelitian.

Menurut Suma'mur (1992), bising berpengaruh terhadap kesehatan manusia tergantung pada beberapa faktor antara lain: kerentanan individu, lama paparan, jenis bising, dan intensitas kebisingan. Sedangkan menurut Karvanen dan Mikhaev (1996) pengaruh bising terhadap kesehatan tergantung pada intensitas bising, frekuensi dan lama paparan. Semakin tinggi intensitas suatu bising maka semakin berpengaruh pada kesehatan, begitu pula jenis bising. Bising yang hilang timbul lebih berpengaruh daripada yang terus-menerus. Bising pada penelitian ini merupakan jenis bising hilang timbul yang ditimbulkan oleh bunyi pesawat, dengan lama paparan lebih dari satu tahun.

Secara deskriptif hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan kadar kortisol antara kelompok I, kelompok II, dan kelompok III. Rata-rata kadar kortisol pada kelompok I lebih tinggi daripada kelompok II maupun kelompok III.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan bermakna kadar kortisol antar kelompok akibat bising pesawat udara maka dilakukan uji *One-Way Anova*. Hasil yang didapat menunjukkan ada perbedaan bermakna kadar kortisol antar kelompok. Setelah dilanjutkan uji LSD, menunjukkan perbedaan bermakna antara kelompok I dengan kelompok II, dan kelompok I dengan kelompok III sedangkan antara kelompok II dengan kelompok III tidak terdapat perbedaan bermakna.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kadar kortisol pada kelompok dengan stresor bising intensitas 92 WECPNL dibanding kelompok dengan stresor bising taraf intensitas 71 WECPNL. Demikian juga dengan kelompok dengan stresor bising taraf intensitas 52 WECPNL. Hal ini sejalan dengan penelitian pada hewan coba yang telah dilakukan oleh Kui-Cheng (2007) yang menunjukkan bahwa peningkatan taraf intensitas bising jenis hilang timbul akan meningkatkan kadar kortisol yang diikuti penurunan jumlah limfosit dan kadar serum IgG. Penelitian ini sejalan dengan konsep Hans Selye tentang *General Adaptation Syndrome (GAS)*. Pada konsep ini, dilaporkan bahwa stres yang terjadi akan direspon tubuh menjadi tiga tahap yaitu *alarm stage*, *adaptation*, dan *exhaustion stage* (Ader, 2000; Putra, 2005)

Pada *alarm stage*, paparan bising akan direspon sebagai stresor dan akan ditangkap oleh sel *Paraventricular nucleus (PVN)* dan sel di *locus cereleus nor adrenergic center* di *hypothalamus*. Kedua sel ini mengalami aktivasi atau stres tahap 1 sehingga mensekresi *Corticotropin Releasing Factor (CRF)*. Molekul tersebut mengirim sinyal ke sel di pituitari sehingga mensekresi *Adrenocorticotropic Hormone (ACTH)*. Sel pituitari mengalami stres tahap 1 atau aktivasi. Kemudian ACTH ditangkap oleh sel di korteks kelenjar adrenal yang selanjutnya mengeluarkan glukokortikoid dan sel medula kelenjar adrenal mengalami stres tahap 1 atau tahap aktivasi (Ader, 2000). Pada *alarm stage*, stresor akan direspon dengan peningkatan kadar kortisol. Apabila stresor ditingkatkan maka akan terjadi adaptasi, yang ditunjukkan dengan penurunan kadar kortisol mendekati angka normal. Selanjutnya apabila

intensitas dan frekuensi stresor ditingkatkan maka akan terjadi *exhaustion stage* atau penurunan fungsi imun (Ader, 2000; Putra, 2005)

Pada kelompok I dimana responden mendapat paparan bising dengan taraf intensitas 92 WECPNL selama lebih dari 1 tahun. Kemungkinan telah berada pada tahap *exhaustion*. Hal ini ditunjukkan dengan kadar kortisol pada kisaran 13,25 µg/dL.

Pada kelompok II, dimana responden mendapat paparan bising dengan taraf intensitas 71 WECPNL selama lebih dari 1 tahun, terjadi peningkatan kadar kortisol dibanding kelompok III yaitu rata-rata 10,19 µg/dL, meskipun secara statistik peningkatan tersebut tidak bermakna. Keadaan ini menunjukkan bahwa responden pada kelompok II kemungkinan berada pada awal *alarm stage*.

Pada kelompok III, dimana responden mendapat paparan bising dengan taraf intensitas 52 WECPNL selama lebih dari 1 tahun kemungkinan belum masuk pada *alarm stage*. Hal ini ditunjukkan dengan kadar kortisol rata-rata sebesar 9,70 µg/dL. Dibandingkan dengan kelompok I, hasil ini secara statistik terdapat perbedaan yang signifikan.

## **BAB VI**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Simpulan dari hasil penelitian ini adalah ada perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali ( $p < 0,05$ ).

#### **B. Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh paparan bising terhadap modulasi sistem imun dengan responden yang lebih besar dan jenis bising yang berbeda seperti di pabrik tekstil atau tempat penggilingan padi.
2. Dengan terbuktinya hipotesis yang menyatakan bahwa ada perbedaan kadar kortisol akibat bising pesawat udara pada masyarakat di sekitar Bandara Adi Sumarmo Boyolali, perlu kiranya dilakukan tindakan-tindakan untuk mengurangi dampak negatif kebisingan bagi lingkungan sekitarnya, terutama kebisingan pesawat udara. Misalnya dengan menanam pohon peredam kebisingan seperti akasia atau merelokasikan penduduk yang bertempat tinggal sangat dekat dengan landasan pacu bandara.



