

**ANALISIS FAKTOR RISIKO KEJADIAN OSTEOPOROSIS
PADA PEKERJA KILANG**



**Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2**

Magister Kesehatan Lingkungan

**ROESJANTO
E4B004094**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2007**

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

ANALISIS FAKTOR RISIKO KEJADIAN OSTEOPOROSIS PADA PEKERJA KILANG

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : Roesjanto

NIM : E4B004094

Telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 01 Pebruari 2007 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Pembimbing I

Pembimbing II

dr. Onny Setiani, Ph.D
NIP. 131 958 807

dr. Suhartono, M.Kes.
NIP. 131 962 238

Penguji I

Penguji II

Nurjazuli, SKM, M.Kes
NIP. 132 139 521

Soedjono, SKM, M.Kes.
NIP. 140 090 033

Semarang, 01 Pebruari 2007
Universitas Diponegoro
Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan
Ketua Program

dr. Onny Setiani, Ph.D

NIP. 131 958 807

I. PERNYATAAN

Saya, Roesjanto, yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang saya ajukan ini adalah hasil karya saya sendiri yang belum pernah disampaikan untuk mendapatkan gelar pada program Magister Kesehatan ini ataupun program lainnya. Karya ini adalah milik saya, karena itu pertanggungjawaban sepenuhnya berada di pundak saya.

A. 01 Pebruari 2007

Roesjanto
E4B004094

II. HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan kepada istri dan anak-anak tercinta yang selalu memberikan dorongan semangat dan pengertian yang diberikan sehingga akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan ke khadirat ALLAH SWT karena atas ridho dan pertolongan-Nya saya dapat menyelesaikan tesis sebagai salah satu tugas akhir di Program Studi Magister Kesehatan lingkungan Universitas Diponegoro Semarang dengan judul **“ANALISIS FAKTOR RISIKO KEJADIAN OSTEOPOROSIS PADA PEKERJA KILANG”**.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1. Bapak Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro Sp.PD-KTI, selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang beserta staf yang telah membantu memfasilitasi dan memberi kemudahan selama mengikuti pendidikan.**
- 2. Ibu dr. Onny Setiani, Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang dan Pembimbing Tesis yang telah banyak membantu memfasilitasi dan memberi kemudahan kepada saya selama dalam proses pendidikan.**
- 3. Bapak dr. Suhartono, M.Kes. selaku Sekretaris Bidang Akademik dan Keuangan Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang dan selaku Pembimbing Tesis**

yang dengan sabar telah banyak membantu saya selama dalam proses pendidikan.

4. Bapak Nurjazuli, SKM, M.Kes. selaku Penguji Tesis yang telah membantu saya dalam kelancaran studi.
5. Bapak Soedjono, SKM, M.Kes. selaku Penguji Tesis yang telah membantu saya dalam kelancaran studi.
6. Mbak Catur dan Mbak Ratna selaku Tenaga Pelaksana Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang yang telah sangat banyak membantu memperlancar proses belajar saya.
7. Istri dan anak-anakku tercinta yang telah memberikan dukungan, pengertian dan do'a secara tulus sehingga dapat menyelesaikan proses studi.
8. Rekan-rekan mahasiswa di lingkungan Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
9. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dan memberikan dorongan kepada saya untuk dapat menyelesaikan proses belajar ini.

Semoga ALLAH SWT membalas semua amal ibadah dan budi baik Bapak/Ibu semua yang secara ikhlas telah diberikan kepada saya selama ini.

Saya sangat menyadari bahwa apa yang telah saya susun dalam tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu segala kritik dan saran dari semua pihak saya harapkan untuk perkembangan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

Terima kasih.

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Tulang	7
B. Osteoporosis	20
C. Diagnosis Osteoporosis	22
D. Metoda Diagnosis Osteoporosis	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Kerangka Konsep	29
B. Hipotesis	29
C. Jenis dan Rancangan Penelitian	30
D. Populasi dan Sampel Penelitian	30
E. Variabel Penelitian, Definisi Operasional Variabel, dan Skala Pengukuran	32
F. Pengumpulan Data	32
G. Teknik Pengolahan dan Analisa Data	33
BAB IV HASIL PENELITIAN	34
A. Gambaran Umum Proses Produksi Pertamina UP IV	34
B. Sarana Penunjang Operasi Kilang	42
C. Karakteristik Subyek Penelitian	45
D. Hasil Pemeriksaan <i>Bone Mass Densitometri</i> (BMD)	47
E. Kadar Pb Udara pada Lokasi Kerja	47
F. Hubungan antara Lama Kerja dengan Kondisi Tulang	48
G. Hubungan antara Lokasi Kerja dengan Kejadian Osteoporosis	50

H. Hubungan antara Kadar Pb Udara dengan Kondisi Tulang	50
G. Analisis Multivariat Faktor Risiko Kejadian Osteoporosis	52
BAB V PEMBAHASAN	53
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA	60
<i>A. LAMPIRAN-LAMPIRAN</i>	

DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex I* dan *Lube Oil Complex I*
Tabel 4.2. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex II* dan *Lube Oil Complex II*
Tabel 4.3 Jenis Produksi Lube Oil Complex III
Tabel 4.4 Jenis Produksi Kilang Paraxylene Cilacap
Tabel 4.5. Karakteristik pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)
Tabel 4.6. Distribusi kategori kondisi tulang berdasarkan lokasi kerja pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)
Tabel 4.7. Hasil uji regresi logistik faktor yang berpengaruh terhadap kejadian osteoporosis pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Susunan Khas Tulang Panjang
- Gambar 2.2. Susunan Tulang Sistem Haversian
- Gambar 2.3. Tulang Trabekular Normal dan Osteoporosis
- Gambar 2.4. Matriks Tulang
- Gambar 2.5. Gel Tulang Osteoblas - Osteosit
- Gambar 2.6. Metabolisme Tulang
- Gambar 2.7. Perubahan dalam Massa Tulang
- Gambar 2.8. Tulang Trabekular Terkena Osteoporosis (Kanan)
- Gambar 4.1. Kondisi tulang pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)
- Gambar 4.2. Rerata kadar Pb udara dari bulan Januari s/d Desember 2006 di lokasi kerja pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)
- Gambar 4.3. Perbandingan lama masa kerja pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)
- Gambar 4.4. Perbandingan rerata kadar Pb udara di tempat kerja dari bulan Januari s/d Desember 2006 pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Print Out Analisis Statistik

Lampiran 2. Baku Mutu Udara Ambien Propinsi Jawa Tengah

(Kep. Gubernur Jawa Tengah No. 8 Th. 2001)

Lampiran 3. Baku Mutu Udara Emisi Sumber Tidak Bergerak Tingkat Propinsi

Jawa Tengah (Kep. Gubernur Jateng No. 10 Th. 2000)

Lampiran 4. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

III. ABSTRAK

IV. Analisis Faktor Risiko Kejadian Osteoporosis Pada Pekerja Kilang

xiii + 60 halaman + 7 tabel + 12 gambar + 4 lampiran

Latar belakang: Osteoporosis merupakan penyakit tersembunyi, terkadang tanpa gejala dan tak terdeteksi, sampai timbul gejala nyeri karena *micro fracture* atau karena patah tulang anggota gerak. Pemeriksaan pendahuluan di Kilang Pertamina UP IV Cilacap, dari tahun 2003 – 2005 ditemukan adanya peningkatan kejadian osteoporosis. Tahun 2004 ditemukan 16,67% kejadian osteoporosis, tahun 2005 ditemukan 25,25% kejadian osteoporosis.

Tujuan: Mengetahui faktor-faktor risiko kejadian osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.

Metode: Jenis penelitian ini adalah observasional dengan rancangan belah lintang. Jumlah sampel sebanyak 36 pekerja kilang yang merupakan pekerja kilang Paraxylene dan Laboratorium Pertamina UP IV Cilacap. Data dianalisis secara multivariat dengan analisis diskriminan dan uji regresi logistik.

Hasil: Faktor risiko yang berhubungan dengan kejadian osteoporosis yaitu lama masa kerja dengan nilai OR sebesar 2,4 (95% CI = 1,2-4,6; p=0,01). Faktor risiko yang tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian osteoporosis yaitu riwayat paparan Pb dan penggunaan Alat Pelindung Diri.

Saran: Melakukan pencegahan secara dini kejadian osteoporosis dengan melakukan pola hidup sehat, olah raga teratur, mengkonsumsi makanan yang mengandung Vitamin D.

Kata Kunci : Faktor Risiko, Kejadian Osteoporosis

Kepustakaan : 1976-2005

Postgraduate Program of Environmental Health
Concentration of Industrial Environmental Health
Diponegoro University
Semarang 2007

V. ABSTRACT

A. *Roesjanto*

Analysis of Risk Factors of the Osteoporosis Occurrence on Refinery Worker

xiii + 60 pages + 7 tables + 12 figures + 4 appendixes

Background: Osteoporosis is a hidden disease without complaint and undetected until appearing a symptom because of micro fracture. The previous study showed that at Refinery Department of Pertamina UP IV Cilacap from year 2003 to 2005, number of osteoporosis cases was increasing. Percentage of osteoporosis cases in 2004 was 16.67% and in 2005 was 25.25%.

Objective: To know risk factors of an occurrence of osteoporosis on refinery worker at Pertamina UP IV Cilacap.

Method: Observational research using cross sectional approach. Number of samples was 36 respondents who worked at refinery of Paraxylene and Laboratory at Pertamina UP IV Cilacap. Data was analyzed using multivariate method by discriminant analysis and regression logistic test.

Result: Risk factor that has significant association with the occurrence of osteoporosis is length of work (OR=2.4; 95%CI: 1.2-4.6; p=0.01). The factors that do not have significant association with the occurrence of osteoporosis are history of Pb exposure and usage of Personal Protective Equipment.

Suggestion: It needs to do early prevention of osteoporosis by doing pattern of a healthy life, a regular sport, and consumption of a food that contain Vitamin D.

Key Words : Risk Factor, the Occurrence of Osteoporosis

Bibliography : 1976-2005

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Osteoporosis merupakan penyakit tersembunyi, terkadang tanpa gejala dan tak terdeteksi, sampai timbul gejala nyeri karena *micro fracture* atau karena patah tulang anggota gerak. Tingginya angka kejadian osteoporosis yang terkait dengan patah tulang, maka upaya pencegahan merupakan prioritas. Upaya-upaya pencegahan, diawali dengan tindakan promotif yang memberikan pemahaman kepada masyarakat luas bahwa osteoporosis dapat dicegah, dimulai dari masa kanak-kanak, yaitu dengan asupan kalsium cukup.¹

Pola hidup aktif juga merupakan hal penting menghindari osteoporosis. Pemahaman tentang siapa saja yang mempunyai risiko tinggi terserang osteoporosis, perlu diketahui oleh masyarakat. Tindakan selanjutnya merupakan tindakan preventif dengan deteksi awal. Kelompok risiko tinggi osteoporosis sebaiknya dideteksi secara dini dengan pengukuran densitas tulang.

Hasil pemeriksaan densitometri dapat menunjang arahan terapi pencegahan baik pemberian terapi hormonal, kalsitonin, bifosfonate, SERMS, ataupun latihan fisik dan suplemen kalsium dan vitamin D. Hasil yang diharapkan dari semua terapi pencegahan ini adalah memperkecil risiko fraktur, dengan cara mengurangi kehilangan massa tulang, dan meningkatkan jumlah massa tulang.^{1,2}

Tulang merupakan jaring ikat khusus yang bersama-sama dengan tulang rawan membentuk sistem rangka (skeletal), dengan fungsi utama:

1. Fungsi mekanik, sebagai penyokong tubuh dan tempat melekat jaringan otot untuk pergerakan
2. Fungsi protektif, melindungi berbagai alat vital dalam tubuh dan juga sumsum tulang.
3. Fungsi metabolik, sebagai cadangan, dan tempat metabolisme berbagai mineral terutama kalsium dan fosfat.
4. Fungsi hemopoetik, yaitu tempat pembentukan sel-sel darah.

Masa tulang puncak adalah keadaan dimana tercapainya kepadatan tulang secara maksimal di akhir kematangan tulang. Konsumsi kalsium yang cukup selama masa pertumbuhan akan menjamin simpanan kalsium yang tinggi di dalam tulang. Konsumsi kalsium yang cukup selama masa pertumbuhan akan menjamin simpanan kalsium tinggi dalam tulang. Simpanan kalsium yang tinggi membuat tulang menjadi padat.

Masa tulang yang tinggi berarti tulang kuat dan sehat sehingga tidak mudah tipis, rapuh dan keropos dan diperlukan jangka waktu yang lebih panjang sehingga tulang menjadi tipis, rapuh dan keropos dikemudian hari. Telah diketahui bahwa puncak massa tulang dicapai pada usia 20 akhir, atau awal 30-an baik pada wanita ataupun pada pria, dan sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan, seperti nutrisi yang baik, pola hidup aktif dan latihan fisik.

Pada osteoporosis (tulang keropos), proses pengeroposan terjadi berlebihan dan tidak diikuti oleh proses pembentukan tulang yang cukup, sehingga tulang relatif lebih tipis dan rapuh (mudah patah). Bila osteoporosis telah terjadi, timbul berbagai masalah yaitu :

1. Nyeri yang bersifat episodik. Setiap serangan nyeri mewakili adanya faktor pengeroposan tulang diikuti oleh kerusakan jaringan lunak dan spasme otot dan biasanya gejala menghilang setelah 4 – 6 minggu. Walaupun pasien dengan keluhan nyeri dapat diberi jaminan bahwa nyerinya akan berangsur hilang dengan sendirinya, pemberian terapi analgetik dapat dilakukan.
2. Patah tulang punggung, leher, paha atau tulang pengumpul, pergelangan tangan dapat terjadi secara spontan, terlebih lagi bila beban diberikan dengan tiba-tiba.
3. Perubahan bentuk tulang (deformitas) Pasien akan berkurang tinggi tubuhnya dan kifosis (bungkuk) akan bertambah. Tetapi pengurangan tinggi badan akan berhenti sendiri setelah beberapa tahun.
4. Osteoporosis Lanjut

Ada beberapa faktor yang dapat menjadi penyebab osteoporosis antara lain adalah faktor nutrisi khususnya defisiensi kalsium; faktor endokrin yaitu peningkatan aktivitas hormon parathyroid, penggunaan kontrasepsi hormonal, menopause; faktor genetik; defisiensi vitamin D terutama pada penderita gangguan fungsi ginjal serta faktor lingkungan yaitu adanya pemajanan lingkungan kerja berupa Pb (Lead), Cd (Cadmium). Pemajanan Pb dan Cadmium dosis kecil di lingkungan kerja untuk waktu yang lama

dapat menyebabkan terjadinya osteoporosis pada pekerja. Pada pemeriksaan pendahuluan di Kilang Pertamina UP IV Cilacap mulai dari tahun 2003 – 2005 ditemukan adanya peningkatan kejadian osteoporosis dari tahun ke tahun. Persentase kejadian osteoporosis pada pemeriksaan tahun 2003 yaitu sebanyak 11,11%, tahun 2004 sebanyak 16,67%, dan tahun 2005 sebanyak 25,25%.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang faktor- faktor risiko yang berhubungan dengan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang UP IV Cilacap.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu dikaji faktor-faktor yang berhubungan dengan kejadian osteoporosis pada pekerja Kilang Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum :

Mengetahui faktor-faktor risiko kejadian osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.

2. Tujuan Khusus :

a. Mengukur kejadian osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.

- b. Mengetahui distribusi usia, lama kerja, merokok dan pemakaian APD pada pekerja Kilang Pertamina UP IV Cilacap.
- c. Mengukur kadar Pb di udara pada Kilang Pertamina UP IV Cilacap
- d. Menganalisis lingkungan kerja dengan risiko terjadinya osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.
- e. Menganalisis hubungan usia, lama kerja, kadar Timbal (Pb) udara dengan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Institusi

- a. Manajemen Pertamina UP IV Cilacap.

Sebagai masukan bagi pihak manajemen Pertamina UP IV Cilacap sebagai tindakan preventif untuk mengatasi peningkatan kejadian osteoporosis dan dalam penanganan pekerja yang telah menderita osteoporosis.

- b. Rumah Sakit

Sebagai masukan guna meningkatkan program kesehatan kerja khususnya kejadian osteopeni dan osteoporosis pada pekerja kilang UP IV Cilacap.

2. Bagi Pekerja

- a. Pekerja kilang mengetahui sebab-sebab timbulnya osteoporosis, cara pencegahan terjadinya osteoporosis dan cara penanggulangannya.

- b. Menambah informasi dan pengetahuan bagi pekerja kilang tentang peranan sarana kesehatan lingkungan dalam melindungi pekerja.
 - c. Memberikan informasi tambahan agar pekerja kilang dapat berperan aktif dalam mengantisipasi dan menanggulangi osteoporosis.
3. Bagi Peneliti
- a. Menambah pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti tentang sarana kesehatan lingkungan yang berhubungan dengan osteoporosis.
 - b. Memberikan informasi ataupun acuan tambahan bagi peneliti selanjutnya yang berhubungan dengan masalah osteoporosis.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi lingkup keilmuan, lokasi, materi, sasaran dan waktu yang dibatasi pada:

1. Lingkup Keilmuan

Penelitian ini merupakan penelitian bidang Kesehatan Lingkungan dengan konsentrasi kesehatan lingkungan industri.

2. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Unit Pengolahan IV Cilacap

3. Lingkup Materi

Materi penelitian ini menitikberatkan pada sarana kesehatan lingkungan berkaitan pada penyakit osteoporosis.

4. Lingkup Sasaran

Sasaran penelitian ini adalah pekerja Unit Pengolahan IV Cilacap

5. Lingkup Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2006 – Desember 2006.

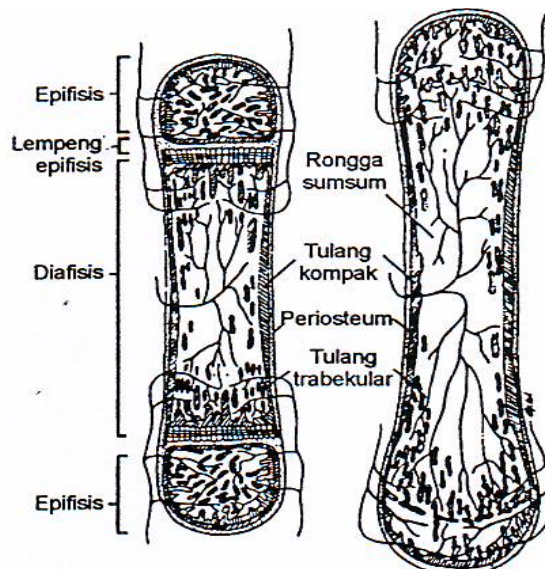
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tulang

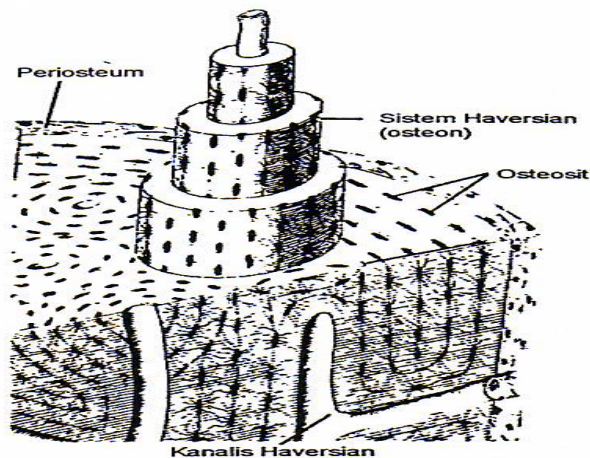
1. Fisiologi tulang

Secara garis besar tulang dibagi menjadi 2 yaitu tulang panjang dan tulang pipih. Bagian luar kedua tulang tersebut merupakan tulang padat, disebut korteks tulang, sedangkan bagian dalamnya adalah bagian trabekular tulang yang terdiri dari lempengan tipis tersusun seperti bunga karang. Struktur tulang seperti ini merupakan jaringan tiga dimensi dengan konstruksi teknik yang luar biasa, sehingga dengan berat tulang yang ringan menjadikan tulang mempunyai kekuatan maksimal sehingga mampu menahan berat badan maupun beban yang lebih berat. Struktur Khas Tulang Panjang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



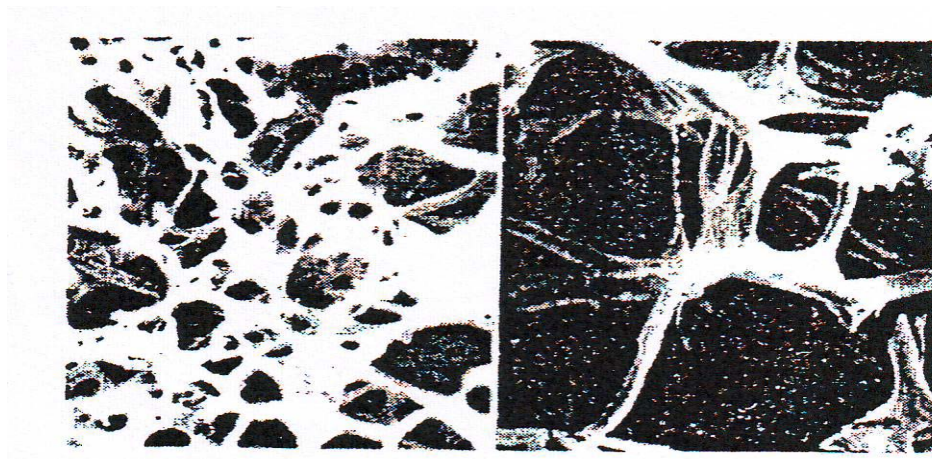
Gambar 2.1. Susunan Khas Tulang Panjang

Secara makroskopis tulang dibedakan menjadi tulang woven dan tulang berlapis (*lamellar*). Tulang *woven* adalah bentuk tulang yang paling awal pada embrio dan selama pertumbuhannya terdiri dari jaringan kolagen berbentuk *irregular*. Setelah dewasa tulang *woven* diganti oleh tulang berlapis yang terdiri dari korteks tulang dan trabekular tulang.¹⁾ Korteks tulang jaringannya tersusun seperti osteon, yaitu suatu lapisan konsentris dari tulang yang dikelilingi oleh kanal dengan panjang >2 mm dan lebar 2 mm dimana di dalamnya terdapat osteosit (OST) dan paling sedikit sebuah pembuluh darah untuk nutrisi. Di tempat ini terjadi anastomosis pembuluh darah dari osteon yang lain, sehingga beberapa osteon saling berhubungan satu sama lain. Susunan ini dikenal sebagai sistem *haversian* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Susunan Tulang Sistem Haversian

Bagian trabekular tulang tidak mempunyai pembuluh darah dan memperoleh nutrisi dari permukaan. Susunan ini menerangkan mengapa trabekular tulang paling tebal sekitar 200 μ m, jarak yang masih memperoleh nutrisi secara difusi. Trabekular tulang terdiri dari sub unit yang disebut unit tulang struktural (SUT) yang terpisah satu sama lain oleh lapisan semen, dimana apabila berada di permukaan disebut unit tulang multi selular (MUT). SUT dan MUT ini ditemukan juga di permukaan sebelah dalam korteks tulang sehingga tampak seperti korteks tulang. Pada kedua tempat ini, yaitu bagian trabekular tulang dan permukaan dalam korteks tulang merupakan bagian yang paling rentan terhadap osteoporosis. Gambar 2.3 berikut ini memperlihatkan bagian tulang trabekular tulang normal dan tulang trabekular yang terkena osteoporosis.^{3,4,5}



Gambar 2.3. Tulang Trabekular Normal dan Osteoporosis

2. Komposisi tulang

Unsur-unsur yang membentuk tulang adalah mineral (\pm 65%), matriks (\pm 35%), sel-sel osteoblas (OBL), osteoklas (OKL), OST (osteosit)

dan air. Dilihat dari berat tulang, diperkirakan 65 % jaringan tulang terdiri dari mineral bahan anorganis, air 5-8% dan sisanya terdiri dari bahan organis atau matriks ekstra selular. Sembilan puluh lima persen mineral merupakan kristal hidroksiapatit dan sisanya 5% terdiri dari bahan anorganis. Sembilan puluh delapan persen dari bahan organis mengandung jaringan kolagen tipe 1 dan sisanya 2% terdiri dari beberapa protein non kolagen.

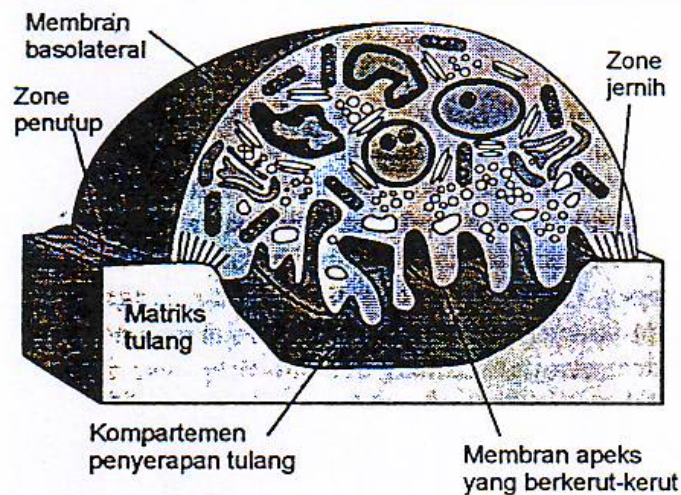
Pada osteoporosis, rasio antara zat organis dan anorganis adalah normal, keadaan sebaliknya terjadi pada osteomalasia dimana jumlah dari jaringan organik Non mineral (osteoid) meningkat. Osteomalasia biasa terjadi pada orang tua dan apabila timbul bersama-sama dengan osteoporosis maka akan memperberat keadaan osteoporosis sehingga memudahkan terjadinya fraktur.

a. Mineral

Mineral termasuk bentuk dari tulang anorganik, susunan utamanya adalah kalsium yang analog dengan kristal kalsium fosfat dengan rumus kimianya $3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2$, dikenal sebagai kristal kalsium hidroksiapatit. Kalsium hidroksiapatit berbentuk piringan kristal tajam seperti jarum, berada di dalam dan diantara serat kolagen, dengan panjang 20-80 nm dan tebal 2-5 nm. Kristal ini tidak murni tetapi mengandung unsur lain yaitu senyawa karbonat, senyawa sitrat, dengan unsur Magnesium, Natrium, Fluoride dan Strontium yang dapat dijumpai pada kisi dari kristal atau terserap ke dalam sampai ke permukaan kristal.

b. Matriks tulang

Matriks tulang adalah bentuk organis tulang. Diperkirakan 35 % dari berat tulang kering mengandung 98 % kolagen dan sisanya 2 % terdiri dari beberapa macam protein nonkolagen. Kolagen adalah protein dengan daya larut yang sangat rendah, berbentuk *triple helix*, terdiri dari 2 rantai 1 (I) dan 2 (II) berbentuk silang (*crass linked*) dengan ikatan hidrogen antara hidroksi protein dan residu lainnya. Setiap molekul berada dalam satu garis bersama dengan yang lainnya dan membentuk serat kolagen. Serat kolagen berkelompok membentuk serabut *kolagen*. Matriks Tulang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



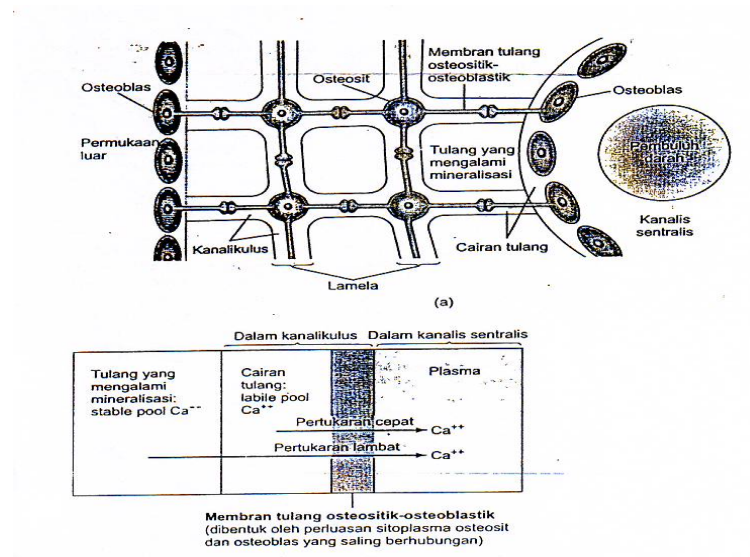
Gambar 2.4. Matriks Tulang

Golongan protein nonkolagen yang jumlahnya banyak adalah osteonektin dan osteokalsin (*bone-Gla-protein*). Osteokalsin adalah protein kecil yang jumlahnya 10-12 % dari protein nonkolagen dan erat hubungannya dengan fase mineralisasi tulang. Osteonektin adalah protein besar, yang disekresi oleh OBL dan berfungsi mengikat kolagen dan hidroksiapatit.

Beberapa protein matriks tulang seperti osteopontin, sialoprotein tulang, glikoprotein asam tulang, trombospondin, fibronektin mengandung *arginine-glycine-aspartic acid* yang bersifat asam dan berafinitas besar terhadap kalsium serta mempunyai kemampuan yang diikat oleh reseptor integrin. Faktor pertumbuhan (*growth factor*) dan sitokin seperti *beta transforming growth factor (TGF)*, *insulin growth factor (IGF)*, *interleukin (IL)*, *bone morphogenic protein (BMP)* ada dalam jumlah kecil di matriks tulang. Protein di atas mengikat mineral tulang dan matriks, dan dilepaskan saat terjadi proses resorpsi tulang oleh OKL.

c. Sel tulang

Metabolisme tulang diatur oleh sel tulang (OBL, OKL dan OST), yang memberikan respons pada pelbagai rangsang termasuk rangsang kimia, mekanis, listrik, dan magnetis. Rangsang spesifik diatur oleh reseptor sel yang ditemukan pada membran sel atau di dalam sel. Reseptor yang berada di membran sel mengikat rangsang dari luar dan mengirimkan informasi tersebut ke inti sel melalui mekanisme transduksi. Sementara itu reseptor dalam sel (di sitoplasma atau di inti) mengikat rangsang (biasanya hormon steroid) yang melewati membran sel dan masuk ke dalam sel untuk memindahkan efektor ke nukleus yang di dalamnya terdapat kompleks reseptor steroid yang terikat pada *deoxyribonucleic acid (DNA)* spesifik dari rangkaian gen. Sel tulang tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Gel Tulang Osteoblas - Osteosit

1) Osteoblas (OBL)

OBL berasal dari gel primitif mesenkin yang membentuk matriks tulang dan ditemukan pada daerah cekungan erosi setelah terjadinya proses resorpsi tulang. OBL berperan dengan mensekresi kolagen untuk membentuk matriks nonmineral, yang disebut osteoid dengan ketebalan 6-10 μm . Osteoid merupakan jaringan *proosseous* yang terdiri dari kolagen dan sejumlah protein tulang termasuk osteokalsin. Dibawah kendali dari OBL, osteoid menjadi matur dalam waktu 5 - 10 hari, diikuti dengan deposisi dari kristal hidroksiapatit. OBL adalah gel yang berinti tunggal, terdapat di permukaan luar dan

dalam tulang. Dalam keadaan aktif sel OBL berbentuk kuboid dan dalam keadaan tidak aktif berbentuk pipih. Biasanya OBL yang aktif ditemukan di antara matriks sesudah mensintesis tulang diawali dengan proses mineralisasi dan terjadinya pembentukan kristal. Awal mineralisasi berarti kalsifikasi awal yang biasanya bergerak 5-10 nm dari permukaan OBL. Fungsi OBL adalah formasi tulang yang dipengaruhi oleh faktor lokal maupun sistemik. Faktor lokal meningkatkan formasi tulang : *BMP*, *TGFO*, *IGF*, estrogen, *triiodothyronin (T3)* *tetraiodothyronin (T4)*, kalsitrol (1,25 (OH)₂D₃), prostaglandin E₂ (PGE₂). Faktor sistem yang meningkatkan formasi tulang adalah fluoride, *PTH* dan prostaglandin, sedangkan faktor sistem yang menghambat formasi tulang adalah hormon kortikosteroid. Saat menjalankan fungsinya, OBL juga memproduksi enzim alkali fosfatase yang mempunyai sifat spesifik dibandingkan dengan alkali fosfatase yang dihasilkan jaringan lainnya dengan membebaskan protein nonkolagen osteokalsin dalam pembentukan tulang. Aktivitas OBL dapat dipantau secara biokimia dengan menilai kadar enzim alkali fosfatase tulang dan osteokalsin serum. Dalam perkembangan penelitian selanjutnya telah ditemukan reseptor estrogen dan reseptor kalsitriol di OBL.

2) Osteosit (OST)

OST berasal dari sel OBL yang berhenti membentuk matriks tulang dan tersimpan di dalam tulang. Hanya 10-12 % OBL yang menjadi

OST, dimana hal ini disebabkan oleh kegagalan difusi nutrisi. Sumber satu-satunya nutrisi dan pertukaran gas terbentuk setelah OST masuk melalui kanalikuli yang berasal dari bekas proses seluler yang memanjang selama OBL membentuk mineralisasi tulang. Kanalikuli berbentuk seperti tubulus penghubung, yang diduga sebagai unsur untuk komunikasi dan nutrisi. OST diperkirakan dapat menjawab mekanisme rangsang gaya mekanik dengan memicu dikeluarkannya IGF-1 dan menyebabkan OBL tidak aktif menjadi OBL aktif dan merangsang juga pembentukan OBL yang baru.

- 3) Osteoklas (OKL) sel OKL adalah sel yang berada pada permukaan korteks atau trabekular tulang, berukuran besar dengan diameter 20-100 nm, dan berinti banyak (10-20 inti). Sel ini ditemukan pada permukaan tulang yang mengalami resorpsi, dimana kemudian membentuk cekungan yang dikenal sebagai lakuna dari *Howship*. Sitoplasma dari OKL terdiri dari enzim lisosom yang disekresi pada permukaan tulang dimana kemudian menyebabkan resorpsi dari tulang, OKL meningkat jumlah dan aktivitasnya karena adanya hormon paratiroid (PTH), parathyroid hormone related protein (PTHrp), 1,25 - vitamin D, lymphotocin (LT), *alpha transforming growth factor* (TGF), *beta tumor necrosis factor* (TNF), IL-1, IL-6 menurun aktivitas dan jumlahnya dengan kalsitonin, estrogen, TGF, gamma interferon (IFN), dan PGE 2. Dalam proses peningkatan dan penghambatan aktivitas OKL, beberapa sitokin diproduksi oleh OBL

sehingga dapat dikatakan terdapat poros OBL-OKL dalam pengendalian densitas tulang. Pertanda adanya kenaikan aktivitas OKL adalah hidroksiprolin dari urin dan senyawa piridinolin, dimana merupakan produk dari degradasi kolagen dan tartrat plasma yang menahan alkali fosfatase. Dibutuhkan 100-150 OBL untuk membentuk sejumlah tulang yang dapat menahan terjadinya patah tulang karena aktivitas OKL.^{6,7}

3. Modeling dan Remodeling Tulang

a. Modeling

Modeling tulang adalah proses pembentukan (formasi) tulang yang dimulai di dalam kandungan dan terus berlangsung sampai tercapai puncak massa tulang. Pembentukan tulang panjang terjadi melalui mekanisme pengerasan tulang endokondrial pada tulang panjang dan pengerasan pada tulang appendikular. Hal ini termasuk perubahan dari garis turunan s/d mesenkim menjadi kondroblas selanjutnya menjadi kondrosit dengan mensintesis proteoglikan sebagai dasar dari matriks ekstraseluler. Ketika terjadi klasifikasi matriks ekstraseluler, berlangsung juga invasi pembuluh darah termasuk prekursor OKL (yang menurunkan kalsifikasi tulang rawan) dan prekursor OBL. Kalsifikasi tulang rawan tadi disebut *the primary spongiosum bone*, dan untuk tulang yang terletak di antara jaringan disebut *the secondary spongiosum bone* yang nantinya dikenal sebagai *woven bone*. Pembentukan tulang intramembranosa

terjadi pada tulang pipih seperti tulang tengkorak dan tulang pelvis. Hal ini termasuk pembentukan tulang langsung oleh turunan sel mesenkim yang sudah mengalami pengerasan tulang endokondrial dan melebar melalui pembentukan tulang intramembranosa.

b. *Remodeling*

Setelah tulang *woven* berubah menjadi tulang berlapis, tulang terus mengalami proses resorpsi, pembentukan dan mineralisasi, yang dikenal sebagai *remodeling* (pembangunan pembentukan kembali) tulang. Proses yang berlangsung terus menerus ini dilakukan oleh OKL resorpsi tulang dan OBL (formasi tulang). Pembangunan pembentukan tulang juga berfungsi untuk mempertahankan keseimbangan biokimia tulang yang dilakukan dengan memperbaiki kerusakan dan memelihara tulang yang bahannya tersedia untuk homeostasis mineral. Selama kehidupan, pembangunan pembentukan tulang pada trabekular tulang 5-10 kali lebih tinggi dari korteks tulang. Pada kondisi normal pembangunan pembentukan tulang, resorpsi tulang yang diikuti dengan formasi tulang berlangsung secara simultan dan menghasilkan massa tulang yang sesuai dengan sebelum diresorpsi. Pembangunan pembentukan korteks tulang dilakukan dengan menggali lubang melalui tulang keras oleh OKL, dimana akan menghasilkan celah yang tampak sebagai ruang kosong. Dibelakang OKL terdapat kelompok kapiler, populasi sel endotelial dan sel mesenkim yang penuh progenitor OBL, yang segera meletakkan QST dan mengisi ruangan yang diserap tadi. Proses pembangunan

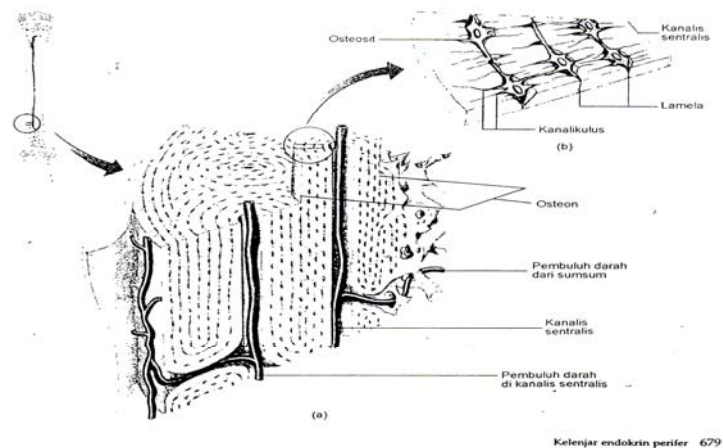
pembentukan trabekular tulang terjadi pada permukaan tulang di tempat yang spesifik yang kemudian diisi oleh tulang baru. Fase pembangunan pembentukan tulang dimulai dari fase istirahat, fase aktif, fase resorpsi, fase pembalikan, fase formasi, dan berakhir pada fase istirahat. Keseimbangan pada proses pembangunan pembentukan tulang adalah jumlah massa tulang yang diresorpsi seimbang dengan jumlah massa tulang yang diformasi, terutama apabila masa puncak tulang telah tercapai pada usia 30 tahun. Diantara usia 30-35 tahun tetap terjadi keseimbangan pembangunan pembentukan tulang, namun setelah usia 35 tahun proses tersebut mulai tidak seimbang, dimana kecepatan formasi tulang tidak sama dengan resorpsi tulang. Pada masa ini terjadi proses *uncoupling*, yaitu proses dimulainya penuaan.

4. Metabolisme, Massa, Penyusutan dan Perubahan Densitas Tulang Sesuai Umur

a. Metabolisme tulang

Metabolisme kalsium pada anak dipengaruhi oleh pertumbuhan, dimana terdapat kenaikan kandungan kalsium dari 0,1-0,2 % berat (bebas lemak) pada janin muda sampai 2% berat pada dewasa. Dengan kata lain kira-kira terdapat kenaikan dari 25 gram saat lahir sampai 900-1300 gram saat matur. Pada 7 tahun pertama kehidupan, kebutuhan kalsium harian adalah 100 mg, naik sampai 350 mg perhari pada pubertas. Setelah tulang tidak tumbuh lagi, retensi kalsiumnya sebanyak 1,5 mg perhari. Beberapa Tahun setelah tulang tidak tumbuh lagi, massa tulang meningkat untuk mengkonsolidasi tulang rangka, tulang rangka

pria yang telah matur memiliki 30-50% massa tulang lebih banyak daripada wanita. Setelah puncak massa tulang tercapai, terdapat sedikit ketidakseimbangan antara proses resorpsi dan formasi, dimana jumlah tulang yang diresorpsi oleh OICI, tidak seluruhnya diganti oleh OBL, jadi terdapat penurunan massa tulang tergantung dari umur. Metabolisme tulang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



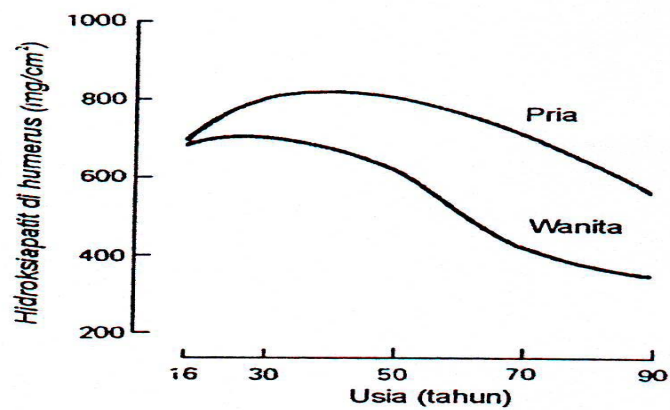
Gambar 2.6. Metabolisme Tulang

b. Massa tulang

Massa tulang sangat berhubungan dengan kekuatan tulang. Dengan kata lain, penurunan massa tulang merupakan faktor utama dalam mencegah terjadinya fraktur oleh trauma ringan atau bahkan tanpa trauma sama sekali. Massa tulang dapat diperiksa pada seluruh tulang rangka atau pada bagian-bagian tertentu misalnya tulang belakang, tulang femur atau pergelangan tangan. Prosedur diagnostik ternyata sangat kompleks

karena pada tulang yang berbeda terdapat perbedaan rasio antara trabekular dan korteks tulang dan perbedaan merata penyusutan tulang. Sehingga pengukuran massa tulang pada suatu tempat mungkin tidak akurat dalam menentukan massa tulang pada tempat yang lain.⁵

Perubahan dalam massa tulang dari remaja sampai usia tua pada pria dan wanita normal ditunjukkan oleh Gambar 2.7.



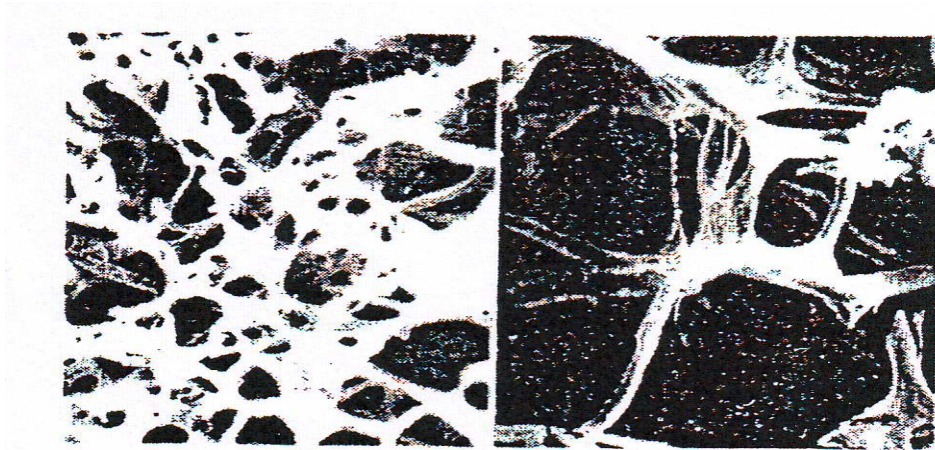
Gambar 2.7. Perubahan dalam Massa Tulang

B. Osteoporosis

1. Pengertian Osteoporosis

Osteoporosis adalah suatu keadaan dimana terdapat pengurangan jaringan tulang per unit volume, sehingga tidak mampu melindungi atau mencegah terjadinya fraktur terhadap trauma minimal yang disebabkan meningkatnya kerapuhan tulang. Pengurangan massa tulang tersebut tidak disertai dengan perubahan perbandingan antara substansi mineral dan

organik tulang. Gambar 2.8 bagian sebelah kanan memperlihatkan tulang trabekular yang terkena osteoporosis.



Gambar 2.8. Tulang Trabekular Terkena Osteoporosis (Kanan)

2. Patogenesis

Pada kondisi normal, pada tulang kerangka akan terjadi suatu proses yang berlangsung secara terus menerus dan terjadi secara seimbang, yaitu proses resorpsi dan proses pembentukan tulang (remodeling). Setiap perubahan dalam keseimbangan ini, misalnya apabila proses resorpsi lebih besar daripada proses pembentukan tulang, maka akan terjadi pengurangan massa tulang dan keadaan inilah yang kita jumpai pada osteoporosis.

3. Macam Osteoporosis

- a. Osteoporosis Primer
- b. Osteoporosis Sekunder

4. Faktor Risiko Terjadinya Osteoporosis

Banyak faktor yang menjadi fisiko timbulnya osteoporosis, ialah :

- a. Umur, setiap peningkatan umur 1 dekade akan meningkatkan risiko terjadinya osteoporosis 1,4 - 1,8 kali.
- b. Ras, kulit putih lebih banyak yang menderita osteoporosis dibandingkan orang kulit berwarna.
- c. Jenis kelamin, wanita lebih banyak menderita dibanding laki-laki.
- d. Makanan, karena defisiensi kalsium
- e. Obat-obatan seperti kortikosteroid
- f. Rokok dan alkohol
- g. Defisiensi hormon androgen dan estrogen
- h. Penyakit kronik pada hati, ginjal atau saluran cerna
- i. Imobilisasi dalam jangka lama
- j. Lingkungan kerja seperti kilang, karena paparan Benzene, Cadmium (Cd) dan Plumbun (Pb).

C. Diagnosis Osteoporosis

1. Tanda dan gejala

Sangat jarang penderita datang ke dokter dengan keluhan osteoporosis. Biasanya penderita datang setelah terjadi komplikasi setelah patah tulang karena trauma yang ringan, bungkuk ataupun dengan keluhan nyeri pinggang terutama bagian bawah. Fraktur yang terjadi pada leher femur dapat mengakibatkan hilangnya kemampuan mobilitas penderita baik yang bersifat

sementara maupun menetap. Fraktur pada distal radius akan menimbulkan rasa nyeri dan terdapat penurunan kekuatan genggamannya, sehingga akan menurunkan kemampuan fungsi gerak. Sedangkan tanda dan gejala fraktur vertebra adalah nyeri punggung, penurunan gerakan spinal, Spasme otot di daerah fraktur dan penurunan berat badan.

Semua keadaan di atas menyebabkan adanya keterbatasan dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari, misalnya untuk mandi, makan dan berganti pakaian.

2. Pemeriksaan dengan alat Densitas Mineral Tulang umumnya didasarkan pada pemeriksaan radiologi namun prosedur ini tidak dapat dipakai untuk deteksi dini dari osteoporosis. Diperkirakan osteoporosis baru akan tampak pada pemeriksaan radiologi jika kalsium tulang sudah hilang 30-50 %. Keadaan seperti ini sangat tidak menguntungkan karena seperti diketahui bahwa hasil akhir osteoporosis adalah fraktur yang disebabkan oleh trauma ringan atau terjadi secara spontan. Dengan berkembangnya teknologi mutakhir, sekarang dapat digunakan alat canggih untuk mendeteksi osteoporosis secara dini baik kualitatif maupun kuantitatif. Alat-alat tersebut yang sekarang banyak digunakan adalah:

- a. *Single Photon Absorptiometry (SPA)* menggunakan iodine 125, biasanya dilakukan pemeriksaan pada tulang radius. Pada subyek yang normal terdapat korelasi yang baik antara kandungan mineral tulang dipertengahan tulang radius dengan batang tulang femur. Tetapi korelasi antara kandungan mineral yang diukur pada sisi appendikular ini dengan

massa trabekular tulang pada kolum femoris atau korpus vertebra tidak adekuat untuk tujuan prediksi karena tak menggambarkan peningkatan risiko patah tulang di sisi tersebut. Keuntungan utama SPA adalah relatif mudah dan adekuat untuk melihat penurunan massa korteks tulang. Waktu yang diperlukan untuk penerapan alat ini adalah 10 - 15 menit, dengan tingkat presisi 1-3 % dan paparan radiasi 5-10 mrem.

b. *Dual Photon Absorptiometry (DPA)*

Pengukuran *DPA* menggunakan Gadolinium 153 dengan 2 energi penyerapan oleh jaringan lunak. Pengukuran kandungan mineral tulang biasanya dilakukan pada korpus vertebra lumbalis, kolum femoris dan seluruh tubuh. Metode ini mempunyai presisi 2-4 % dan mampu mengukur material radio-opak yang dilalui sinar misalnya osteofit, perkapuran dalam aorta atau ligamen. Karena harganya yang mahal dan membutuhkan waktu lama, alat ini tidak dipakai untuk skrining rutin masyarakat. Waktu peneraan alat ini 15-30 menit dengan paparan radiasi 5-10 rnrem.

c. *Quantitative Computed tomography (QCT)*

Mengukur massa trabekular tulang secara selektif tanpa superposisi dengan korteks tulang maupun jaringan lainnya dengan membuat irisan aksial pada vertebra L I, L2 dan L3. Keterbatasan penggunaan adalah karena dosis radiasi yang tinggi hanya mengukur bagian vertebra dan memerlukan teknik yang canggih. Waktu yang dibutuhkan untuk

peneraprn 10-20 menit, tingkat presisi 3-15 % (rata-rata 7 %) dan paparan radiasi 100-1000 rnrem.

d. *Dual Energy X ray Absorptiometry (DEXA) Prinsip pengukuran sama dengan DPA* hanya sumber radiasi memakai sinar foton yang dihasilkan oleh tabung sinar X (paparan radiasi < 3 mrem), sedangkan energi yang digunakan adalah 70 dan 140 kv. Dikatakan ketepatannya melebihi pemeriksaan *DPA*, waktu pemeriksaan singkat dan dosis radiasi rendah. Pengukuran dilakukan pada tulang vertebra lumbal, femur bagian proksimal, radius, ulna dan seluruh tubuh. *DEXA* saat ini telah banyak menggantikan *DPA* untuk skrining karena presisi yang lebih tinggi (1 %), mudah dipakai, bebas dari berbagai dampak teknis dan dapat dipakai untuk anak-anak. Waktu yang diperlukan untuk peneraan 5- 10 menit.

e. *Ultrasonography*

Adalah cara diagnostik yang tidak menggunakan sinar X atau bentuk radiasi lain, bisa digunakan untuk mengetahui adanya osteoporosis. Prinsipnya adalah berdasarkan gelombang eko (*echo sounding*) dengan frekuensi 200-1000 KHz. Saat ini penggunaan *ultrasonography (USG)* adalah untuk skrining osteoporosis dan umumnya yang diperiksa adalah tulang kalkaneus. Pemeriksaan ini berdasarkan pada intensitas eko yang telah menembus dan dipantulkan kembali oleh tulang kalkaneus. Dengan *USG* pengukuran DMT dilaksanakan dengan cara yang tidak berbahaya (tidak ada paparan radiasi), relatif murah, dengan sensitivitas 90,2% dan spesifisitas 87.7 %. Pantulan gelombang ultra (*ultrasound*) mungkin juga

memberikan petunjuk tentang keadaan jaringan sekitar tulang yang jarang diteliti secara mendalam. Beberapa cara telah dikembangkan untuk mengukur kecepatan *ultrasound* dalam tulang, dimana tempat yang diteliti antara lain tibia, radius, patella, yang semuanya mudah dicapai. Menurut Lewellyn-Jones, sekalipun kecepatan sinar X di tulang dapat menilai baik fungsi, massa maupun bentuk kelenturan tulang namun tidak pernah ada penelitian yang meneliti apakah kecepatan suara dapat mengukur kualitas tulang dan merupakan bentuk penilaian yang lebih tepat tentang kerapuhan tulang dibandingkan dengan *densitometri* tulang.

3. Pemeriksaan biokimia

Pada masa lalu untuk menentukan tingkat aktivitas OBL (*bone formation*) dipergunakan parameter biokimiawi kadar alkali fosfatase serum, sedangkan untuk aktivitas OKL (*bone resorption*) adalah hidroksprolin. Pengembangan dan pemahaman kemudian mengenai metabolisme tulang menunjukkan bahwa kedua parameter tersebut ternyata memiliki spesifitas dan sensitivitas yang rendah. Alkali fosfatase ternyata selain diproduksi oleh OBL (50 %) ternyata dibuat pula di hati (50 %) dan usus (minimal). Teknologi saat ini telah mampu untuk menera keberadaan alkali fosfatase yang hanya diproduksi OBL dan oikenal sebagai *BAP (bone specific alkaline phosphatase)* serta osteokalsin serum. Kedua zat terakhir ini merupakan materi penguat ikatan mekanik antara molekul kolagen dan serat kolagen. Dari penelitian yang intensif saat ini telah ditemukan parameter yang dapat diandalkan, yang merupakan produk kolagen tulang yang akan dilepaskan

kedalam sirkulasi darah bila terjadi gangguan *coupling* secara dini. Parameter ini adalah *deoxyypyndinoline* dan *pyndinolme cross links* (rasio *pyndinolin*/kreatinin dalam urin menunjukkan nilai *cross links*). Parameter ini relatif spesifik untuk kolagen tulang, dan dilepaskan setelah terjadi degradasi kolagen, dan tidak dimetabolisme oleh hati.

Saat ini pemeriksaan hidrokspirolin sudah tidak dilakukan lagi, sedangkan pemeriksaan kadar *deoxyypyndinoline* atau *pyndinoline crost links* sulit dilakukan oleh karena mahal.

Osteoporosis pada Pria

Tulang laki-laki juga dilindungi oleh esterogen. Esterogen pada laki-laki tidak dihasilkan oleh kelenjar testis, karena yang dihasilkan oleh testis adalah testoteron, yaitu hormon seks laki-laki. Di dalam darah, testoteron akan diubah menjadi estrogen oleh enzim aromatase. Pada laki-laki, tidak ada proses menopause, karena hormon testoteron akan dihasilkan terus, oleh sebab itu osteoporosis pada laki-laki terjadi tidak secepat seperti yang terjadi pada wanita. Biasanya osteoporosis yang dialami pada laki-laki terjadi pada umur 60 tahun dan berlangsung lebih lambat dari pada wanita.

Ada 4 faktor yang dapat menyebabkan osteoporosis pada laki-laki, yaitu:

1. *Hipogonadism*, yaitu defisiensi testoteron yang dapat disebabkan oleh banyak hal.
2. *Involusi*, yaitu osteoporosis yang berhubungan dengan penambahan usia.

3. Osteoporosis sekunder, yaitu osteoporosis yang jelas penyebabnya, misalnya penyakit kronik, obat-obatan, imobilisasi, defisiensi kalsium dsb.
4. *Osteoporosis idiopatik*, yaitu osteoporosis yang tidak diketahui penyebabnya.

i. *Metoda Diagnosis Osteoporosis*

Osteoporosis didiagnosis dengan pemeriksaan klinis yang cermat, ditambah dengan beberapa pemeriksaan penunjang, seperti pemeriksaan laboratorium, radiology, densitometri tulang, dan kadang-kadang diperlukan biopsi tulang.

Densitometri tulang merupakan pemeriksaan yang sangat baik digunakan untuk mendeteksi adanya osteoporosis secara dini, atau orang-orang yang mempunyai risiko untuk timbulnya osteoporosis, misalnya wanita pasca menopause, pengguna kortikosteroid, dsb.

Pemeriksaan khusus osteoporosis:

Pemeriksaan untuk memastikan osteoporosis dapat dilaksanakan dengan:

1. Pengukuran massa tulang
2. Pengukuran *bone remodeling*:
 - a. Penanda pembentukan tulang
 - b. Penanda resorpsi tulang

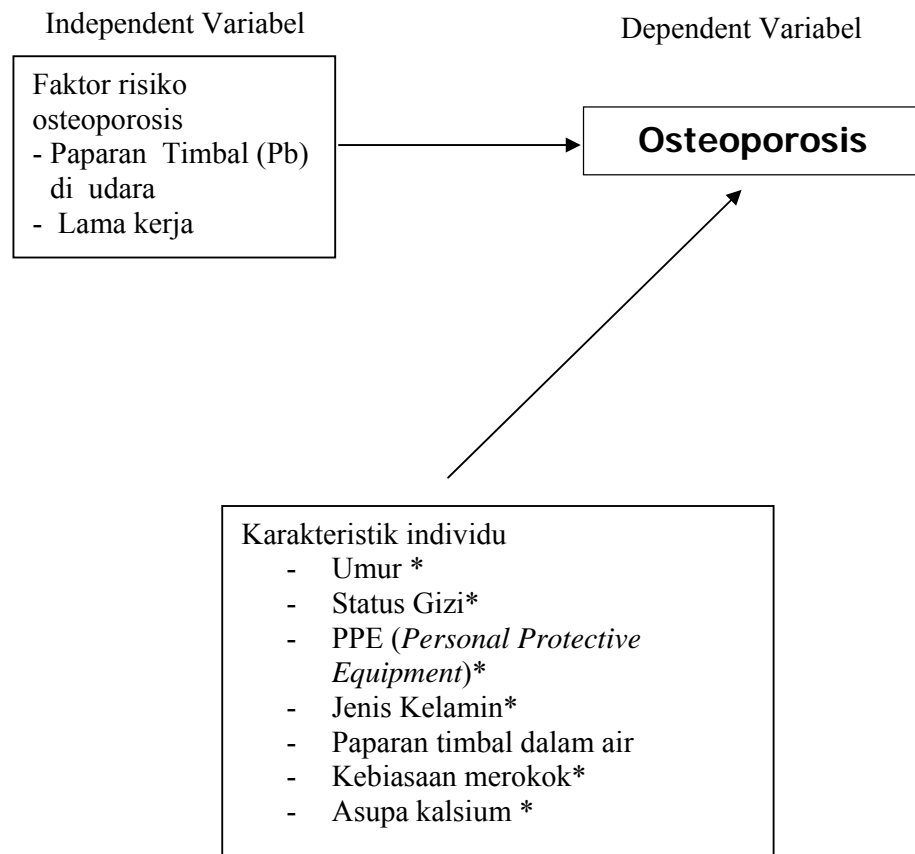
Pengukuran massa tulang, dapat dilaksanakan dengan:

1. X-ray, tetapi memerlukan pengurangan massa tulang minimal 30% kondisi sudah berat.

2. DEXA (*Dual X-ray Absorptiometry*) kurang cocok untuk pemeriksaan awal.
3. BMD (*Bone Mass Density*)

BAB III METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep



Keterangan : * Dikendalikan

B. Hipotesis

1. Ada hubungan antara kadar Pb Udara dengan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang.

2. Ada hubungan antara lama kerja dengan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang.

C. Jenis dan Rancangan Penelitian

a. Jenis

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan secara *cross sectional*.

b. Rancangan

Rancangan penelitian merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan secara *cross sectional* yaitu rancangan studi epidemiologi yang mempelajari hubungan penyakit dan paparan dengan cara mengamati status paparan dan kasus secara serentak pada satu saat/periode.^{9,10}

D. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi target

Populasi target adalah pekerja kilang.

2. Populasi terjangkau

Populasi terjangkau adalah pekerja kilang di UP IV Pertamina Cilacap.

3. Sampel penelitian

Pekerja kilang di UP IV Pertamina Cilacap yang memenuhi kriteria sebagai berikut:

3.1. Kriteria inklusi

- a. Pekerja pria.
- b. Bekerja di kilang UP IV Pertamina Cilacap minimal 10 tahun

3.2. Kriteria eksklusi

- a. Pernah bekerja di industri lain yang memberikan paparan Pb dan kadmium seperti industri cat atau pengecatan atau penggunaan pestisida
- b. Berdasarkan wawancara diketahui ada riwayat osteoporosis
- c. Pernah atau sedang mendapat terapi kortikosteroid jangka panjang

4. Cara sampling

Metode sampling dilakukan dengan metode random sederhana.

5. Besar sampel penelitian

Sesuai dengan rancangan penelitian yaitu belah lintang, maka besar sampel dihitung dengan menggunakan rumus besar sampel satu populasi dengan ketepatan relatif. Apabila besarnya proporsi pegawai Pertamina UP IV Cilacap dengan densitas tulang abnormal diperkirakan adalah 75% hasil laporan pemeriksaan sebelumnya), $Q=1-0,75=0,25$; tingkat ketepatan adalah 0,2; nilai α adalah 0,05 ($z\alpha =1,96$) dengan power 80%, maka besar sampel adalah:

$$n = Z\alpha^2 \frac{Q}{e^2P} = 1,96^2 \frac{0,25}{0,2^2 \times 0,75} = 32$$

Keterangan:

P = Proporsi pekerja kilang dengan densitas tulang abnormal

Q = 1-P

α = Tingkat kesalahan (0,05)

Z = Standard deviasi pada tingkat kepercayaan 95% (1,96)

Besar sampel yang dibutuhkan minimal adalah 32 pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap.

E. Variable Penelitian, Definisi Operasional dan Skala Pengukuran

1. Variabel Penelitian

1.1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

- a. Paparan timbal
- b. Lama kerja

1.2. Variabel Terikat

Status densitas tulang.

2. Definisi Operasional dan Skala Pengukuran

Variabel	Definisi Operasional	Skala
Paparan timbal	Kadar timbal (Pb) dalam udara	Nominal
Lama kerja	Angka dalam tahun yang menggambarkan sudah berapa lama subyek bekerja di lokasi saat ini mulai dari tahun pertama masuk s/d saat penelitian.	Rasio
Status densitas tulang	Massa atau kepadatan mineral tulang per unit area, dinyatakan dalam mg/cm ² . Metode pemeriksaan dengan DEXA (<i>Dual Energy Xray Absorptiometry</i>). Nilai kepadatan mineral (Densitas Mineral Tulang = DMT) dikategorikan berdasarkan kategori WHO sebagai berikut: 1. Normal apabila nilai DMT dalam rentang 1 SD DMT dewasa muda (<i>young adult</i>) 2. Osteopenia apabila nilai DMT pada rentang $-2,5 < Z < -1$ SD dari DMT dewasa muda 3. Osteoporosis apabila $DMT \leq -2,5$ DMT dewasa muda. Untuk keperluan analisis data kategori DMT dibagi menjadi 2: - Normal - Osteopeni - Osteoporosis	Nominal

F. Pengumpulan Data

a) Data primer

Data primer diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan.

b) Data sekunder

Data sekunder penelitian ini diperoleh dari hasil laporan pemeriksaan data Rumah Sakit Pertamina UP IV Cilacap.

G. Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Analisa data dengan menggunakan uji statistik Multivariat dengan analisis diskriminan untuk mengetahui Nilai koefisien korelasi Canonical untuk pengaruh variabel masa kerja dan kadar Pb udara dan dengan logistik regresi untuk mengetahui OR dari masing-masing variabel bebas.

BAB IV

B. HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Proses Produksi Pertamina UP IV Cilacap

Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang terdiri dari Kilang FOC (*Fuel Oil Complex*) I, FOC II, LOB (*Lube Oil Complex*) I, LOC II dan Kilang Paraxylene Cilacap. Kilang ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk Bahan Bakar Minyak (BBM) dan produk Non BBM yang terus meningkat dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap suplai dari luar negeri.

Pembangunan Kilang Minyak Cilacap dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu:

1. Kilang Minyak I

Kilang Minyak I dibangun pada tahun 1974 dan selesai pada tahun 1976. Kilang ini dirancang untuk memproses bahan baku minyak mentah (*crude*) dari Timur Tengah (*Arabian Light Crude dan Iranian Light Crude*) dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 barrel/hari. Minyak mentah dari Timur Tengah ini selain memproduksi produk BBM juga menghasilkan bahan dasar minyak pelumas (*Lube Oil Base*) dan aspal yang lebih ekonomis dari minyak mentah dalam negeri.

Fasilitas yang dimiliki Kilang Minyak I sebagai berikut:

a) *Fuel Oil Complex I* terdiri dari: 1. *Crude Destilating Unit (CDU)*, 2. *Naphtha Hydrotreated Unit (NHT) –I*, 3. *Hydrodesulfurizer Unit*, 4. *Platformer Unit*, 5. *Propane Manufacturing Unit*, 6. *Merox Treter Unit*, 7. *Sour Water Stripper Fuel Oil Complex I (FOC I)*, mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa gas, Premium, Avtur (bahan bakar pesawat terbang), Kerosene (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil (solar)*, *Industrial Diesel Oil (IDO)*, dan *Industrial Fuel Oil / Minyak Bakar (IFO)*.

Lube Oil Complex I terdiri dari: 1. *High Vacuum Unit*, 2. *Propane DeasPhalting Uni*, 3. *Furfural Extraction Unit*, 4. *MEX Dewaxing Unit*, 5. *Sulfur recovery Unit (SRU)*. *Lube Oil Complex I (LOC I)*, mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan *Aspal*.

Tabel 4.1. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex I* dan *Lube Oil Complex I*

No	Fuel Oil Complex I		Lube Oil Complex I	
	BBM	NBM		Base OIL
1	<i>Premium</i>	<i>LPG (Liquefied Petroleum Gas)</i>	<i>Minarex-A</i>	<i>HVI- 60 (Hight Viscosity Index)</i>
2	<i>Kerosine</i>	<i>AVTUR</i>	<i>Minarex- B</i>	<i>HVI -95</i>
3	<i>Automotive Diesel Oil (ADO)</i>	<i>NAPHTHA</i>	<i>SLACK WAX</i>	<i>HVI-160 S</i>
4	<i>Industrial Diesel Oil (IDO)</i>	<i>LONG RESIDU</i>	<i>PARAFINIC- 60</i>	<i>HVI 650</i>
5			<i>PARAFINIC- 95</i>	

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

- b) *Utilites Complex I*, menyediakan Sarana penunjang Bagi unit-unit proses seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain-lain.
- c) *Offside Facilities* sebagai sarana penyimpanan minyak, (tangki timbun) pengendalian pencemaran dan sebagainya.

2. Kilang Minyak II

- a) *Fuel Oil Complex II* (FOC II), mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa Gas, *Premium*, *Avtur* (bahan bakar pesawat terbang), *Kerosene* (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil* (Solar), *Industrial Diesel Oil* (IDO) dan *Industrial Fuel Oil* / Minyak Bakar (IFO).

Tabel 4.2. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex II* dan *Lube Oil Complex II*

No	Fuel Oil Complex II		Lube Oil Complex II	
	BBM	NBM		Base OIL
1	<i>PREMIUM</i>	<i>LPG (Liquefied Petroleum Gas)</i>	<i>SLACK WAX</i>	<i>LMO (VCBS) – 95(Low Machine Oil)</i>
2	<i>KEROSINE</i>	<i>NAPHTA</i>	<i>MINAREX- H</i>	<i>MMO (VCBS) – 160 S (Medium Machine Oil)</i>
3	<i>Automotive Diesel Oil (ADO)</i>	<i>LSWR (Low Sulfur Waxy Residu)</i>	<i>ASPHALT</i>	
4	<i>Industrial Diesel Oil (IDO)</i>		<i>VGO (VACUm GAS Oil)</i>	
5	<i>IFO (Industrial Fuel Oil)</i>			

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

b) *Lube Oil Complex II*, mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan *Aspal*. Unit proses yang ada pada LOC II dapat dilihat pada Tabel 4.2 jenis produksi *Lube Oil Complex II*.

c) *Lube Oil Complex II* (LOC III)

Lube Base Oil (bahan dasar pelumas) dihasilkan oleh *Lube Oil Complex I – II*. Bahan dasar pelumas inilah yang kemudian dicampur dan ditambah aditif, sehingga menjadi pelumas seperti merk Mesran dan sejenisnya yang banyak ditemukan di pasaran. Sejalan dengan peningkatan kapasitas melalui Debottlenecking Project (1998 – 1999) dibangun LOC III, sehingga kapasitasnya semakin meningkat dari 2250.000 ton/tahun, menjadi 428.000 ton/tahun.

Tabel 4.3 Jenis Produksi Lube Oil Complex III

<i>C. Lube Oil Complex III</i>	
	<i>Base Oil</i>
<i>SLACK WAX</i>	<i>LMO (Light Machine Oil) (UCBS) 4</i>
<i>ASPHALT</i>	<i>MMO (Medium Machine Oil) (UCBS) - 8</i>
<i>VGO (Vacum Gas Oil)</i>	

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

d) *Utilities Complex II*, menyediakan sarana penunjang bagi unit-unit proses, seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain-lain.

e) *Offsite Facilities*, sesuai sarana penyimpanan minyak, pengendalian pencemaran dan sebagainya

3. Kilang Paraxylene Cilacap

Kilang Paraxylene Cilacap dibangun pada tahun 1988 dan beroperasi setelah diresmikan, pada tahun 1990. Pembangunan kilang ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut :

- a) Tersedianya bahan baku Naphtha yang cukup dari Kilang Minyak I dan II Cilacap (total kapasitas produksi 590.000 ton /tahun)
- b) Adanya sarana pendukung berupa dermaga, tangki dan utilities.

Tabel 4.4 Jenis Produksi Kilang Paraxylene Cilacap

Kilang Paraxylene (Petrokimia)	
PARAXYLENE	270.000 ton / tahun
BENZENE	120.000 ton / tahun
LPG (<i>Liquified Petroleum Gas</i>)	17.000 ton / tahun
REFFINATE	92.000 ton / tahun
HEAVY AROMATE	10.000 ton / tahun
FUEL GAS	81.000 ton /tahun

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

4. Distribusi, Pemasaran dan Pemanfaatan Produksi

- a) Produk BBM

Produk BBm dimanfaatkan untuk industri dan transportasi. Untuk meningkatkan kemampuan dan keamanan distribusi maka produk BBM Unit Pengolahan IV Cilacap disalurkan melewati pipa yang telah dibangun Unit Pemasaran IV Cilacap group ke lokasi distribusi di Jawa Barat, Jawa Tengah maupun daerah Istimewa Yogyakarta.

Ke bagian Barat melalui jalur pipa Cilacap, Tasikmalaya, Ujung Berung (Bandung), sedangkan ke bagian Timur melalui pipa Cilacap Maos – ewulu

(Yogyakarta) sampai Teras (Boyolali). Kemudian untuk mencapai daerah konsumen lainnya, BBM diangkut dengan truk-truk tanki dan tanki kereta api. Sedangkan distribusi BBM untuk Jakarta, Surabaya dan Indonesia bagian Timur dipasok dengan sarana transportasi kapal tanker.

b) *Lube Base Oil*

Produksi *base oil* ini dipasarkan di dalam dan di luar negeri, bahan dasar pelumas inilah yang keudian diblending dan ditambah aditif, menjadi pelumas seperti merk Mesran dan sejenisnya yang banyak ditemui dipasaran. Sejalan dengan peningkatan kapasitas melalui *Debottlenecking Project* 1998/1999 dibangun LOC III, sehingga kapasitas semakin meningkat, dari 225.000 ton/tahun, menjadi 428.000 ton/tahun, terdiri dari:

- LOC I kapasitas 98.000 ton/tahun
- LOC II kapasitas 212.000 ton/tahun
- LOC III kapasitas 118.000 ton/tahun

Tidak hanya kualitas meningkat, pada pasca *Debottlenecking*, unit LOC I, II, dan III kualitasnya ditingkatkan sesuai standar mutu nasional maupun internasional dan dapat dioperasikan secara fleksibel, sehingga mampu melakukan diversifikasi produk, serta mampu memproduksi bahan dasar pelumas sesuai dengan kualitas dan grade permintaan pasar baik base oil group I, II maupun III. Karena itu *lube base oil* produksi UP IV banyak pula dibeli oleh berbagai produsen pelumas merk terkenal.

c) *Slack Wax*

Pemasaran produksi Slack wax Pertamina UP IV ditujukan untuk pasar dalam negeri dan juga diekspor ke luar negeri. Produk ini dimanfaatkan untuk *seal document, electrolit condenser*, tinta cetak, karbon, finishing barang yang terbuat dari kulit, dan industri kertas. Saat ini kapasitas produksi *slack wax* sebesar 330 ton/tahun

d) *Produksi Aspal*

Kilang Pertamina UP IV merupakan satu-satunya yang menghasilkan produk aspal di tanah air. Kapasitas produksinya ditingkatkan setelah debottlenecking (1998/1999), dari semula 520 kilo ton/tahun menjadi 720 kilo ton/tahun. Adapun jenis produksi aspal UP IV yaitu Pen – 60/70 dan Pen 80/100. Produk aspal dengan kualitas yang telah teruji selama ini dipasarkan dalam bentuk bulk atau drum, untuk pengaspalan jalan berbagai kelas, dan pembangunan sarana umum lainnya di tanah air. Selain itu produk aspal UP IV juga dimanfaatkan untuk bahan perekat kedap air, bahan pelindung/coating anti karat, isolasi listrik, kedap suara atau penyekat suara dan getaran bilai dipakai untuk lantai.

e) *Pertamina Extract (MINAREX)*

Sebagaimana diketahui bahwa minyak mentah dapat diolah menjadi berbagai produk, tidak hanya BBM tetapi juga non BBM (NBM) maupun produk petrokimia lainnya. Pada proses ekstraksi di LOC I, II dan III selain menghasilkan *Lube Base Oil*, parafinic, asphalt dan IFO, juga menghasilkan extract produk yang diberi nama Pertamina Extract (MINAREX). Jenis

produk minarex yang bias diproduksi oleh UP IV antara lain: Minarex A, B, H. Senyawa hydrocarbon ini setelah diteliti bermanfaat sebagai pelarut pada industri tinta cetak dan lain-lain. Total kapasitas minarex sebesar 135.616 ton/tahun.

f) *LPG*

Produk ini dimanfaatkan untuk kebutuhan gas rumah tangga (untuk memasak) dan dipasarkan didalam negeri.

g) *Parafinic Oil*

Kapasitas produksi ini sebesar 30.313 ton/tahun. *Parafinic oil* digunakan untuk *processing oil* pada produk karet jadi, yaitu sebagai:

- Bahan pembantu pada industrial karet seperti ban, tali kipas dan suku cadang kendaraan.
- *Processing oil* dan *extender polymer* karet alam dan *synthesis*.
- *Base oil* untuk tinta cetak.

h) *Paraxylene*

Kapasitas dan jenis produksi : distribusi dan pemanfaatan produk kilang paraxylene. Total kapasitas kilang ini sebesar 590.000 ton/tahun dengan jenis produksi yang dihasilkan:

(1.) Paraxylene

Produk paraxylene sebagian untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pusat *Aromatic* di UP III Plaju. Di kilang itu bahan ini diolah menjadi *purified therepthalic acid* (PTA) yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai

bahan baku benang bagi industri tekstil. Namun sebagian produk juga diekspor ke luar negeri.

(2.) Benzene

Sedangkan produk benzene dimanfaatkan sebagai bahan dasar industri petrokimia dan seluruhnya diekspor ke luar negeri.

(3.) Raffinate

Produk ini dimanfaatkan untuk blending premium dan selama ini dipasarkan didalam negeri.

(4.) Heavy Aromatic

Kapasitas produksi Heavy Aromatic sebesar 11.461 ton/tahun. Produk ini dimanfaatkan sebagai solvent dan dipasarkan di dalam negeri.

(5.) Toluena

Kapasitas produksi produk toluene 12.127 ton/tahun. Produk ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar industri Petrokimia dan dipasarkan di dalam negeri.

B. Sarana Penunjang Operasi Kilang

Untuk mendukung kelancaran operasional kilang, baik BBM, non BBM, maupun kilang *paraxylene*, tidak lepas dari sarana penunjang. Adapun sarana dimaksud adalah:

1. Utilitas

Utilitas merupakan jantung operasional suatu industri, yang menyediakan tenaga listrik, uap dan air untuk kebutuhan industri itu sendiri maupun perkantoran, perumahan, rumah sakit dan fasilitas lainnya.

Untuk UP IV kapasitas sbb:

- Generator (Pembangkit tenaga listrik): 102 MW
- Boiler: 730 ton/jam
- Sea Water Desalination (Desalinasi Air Laut): 450 ton/jam

2. Laboratorium

Laboratorium yang telah mendapatkan sertifikat SNI 19 – 17025 berfungsi sebagai pengontrol spesifikasi dan kualitas bahan baku serta produk antara maupun akhir. Keberadaan fasilitas ini amat menentukan suatu keberhasilan perusahaan, terlebih pada era perdagangan bebas. Karena itu laboratorium dilengkapi dengan fasilitas penelitian dan pengembangan, sehingga produk yang dihasilkan senantiasa terjaga kualitasnya, agar tetap mampu bersaing di pasaran.

3. Bengkel Pemeliharaan

Sudah merupakan suatu kelengkapan, bahwa setiap ada perlengkapan tentu harus ada sarana pemeliharaan untuk menjaga kehandalan kilang. Karena itu di UP IV fasilitas bengkel dilengkapi dengan peralatan-peralatan untuk perawatan permesinan dan lain-lain. Fungsi bengkel di UP IV tidak hanya sebagai perbaikan peralatan, tetapi juga sebagai sarana pembuatan suku cadang pengganti yang diperlukan. Di samping itu dapat melayani perbaikan dan pemeliharaan sarana permesinan bagi industri lainnya.

4. Pelabuhan Khusus

Bahan baku minyak mentah UP IV seluruhnya didatangkan melalui fasilitas kapal tanker. Dan hasil produksinya dijual tidak hanya melalui fasilitas pemipaan, mobil tanki, tangki kereta api, tetapi juga melalui kapal, sehingga diperlukan fasilitas pelabuhan yang memadai. Pada saat ini UP IV memiliki fasilitas pelabuhan dengan kapasitas terbesar 250.000 DWT, yang terdiri dari pelabuhan untuk bongkar minyak mentah, dan memuat produk-produk kilang untuk tujuan domestik maupun mancanegara lainnya.

5. Tangki Penimbun

Tangki-tangki dibangun untuk menampung bahan baku minyak mentah, produk antara, produk akhir, maupun untuk menampung air bersih guna keperluan operasional.

6. Sistem Informasi & Komunikasi

Untuk menunjang kelancaran operasional kilang, Sistem Informasi & Komunikasi dilengkapi dengan fasilitas komputer main frame, maupun fasilitas PC untuk mendukung tugas perkantoran. Selain itu di instalasi kilang telah dilakukan otomatisasi dengan melengkapi system komputerisasi seperti: *Distributed Control System* (DCS), Sistem Aplikasi Pertamina (SAP) dan lain-lain. Selain itu sesuai dengan perkembangan dunia komunikasi, maka telah dikembangkan pula sarana komunikasi melalui *e-*

mail, dan *internet*. Untuk mempermudah komunikasi dipasang sarana radio, *Public Automatic Branch Excharge* (PABX) dan perlengkapan elektronika lainnya.

7. Sarana dan Teknik Pengendalian Bising

Untuk pengendalian bising dilingkungan kerja UP IV memiliki sarana dan teknik pengendalian kebisingan yang baik secara engineering maupun maintenance Kilang antara lain berupa sebagai berikut :

1. ***Silincer***, untuk menyalurkan bising ke udara terbuka (mengurangi kebisingan) terdapat di utilities unit.
2. ***Sheilding***, berupa penyekatan antara sumber bising dengan tempat kerja/ tempat istirahat pekerja terdapat di semua unit operasi kilang.
3. ***Isolasi***, yaitu mengisolasi sumber bising dengan menempatkan pada jarak tertentu dengan ruang kendali atau tempat istirahat pekerja sesuai design di semua unit operasi kilang.
4. Modifikasi atau mengganti peralatan yang menimbulkan kebisingan (*rekayasa engineering*).
5. Sistem preventif dan prediktif *maintenance* secara berkala terhadap peralatan kilang (sumber bising).
6. Pemetaan dan pengklasifikasian denah bising ≥ 85 dBA dan kurang dari 85 dBA.
7. ***Rambu Peringatan***, ditempatkan di semua area yang mempunyai kebisingan di atas NAB.

C. Karakteristik Subyek Penelitian

Responden yang sesuai dengan kriteria inklusi sampel penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk responden atau nara sumber di bagian/bidang terkait dengan pemeriksaan Osteoporosis antara lain di bagian Terminal, Fuel Oil Complex, Lube Oil Complex, Utilities, Jasa Pemeliharaan Kilang dan masa kerja di atas 10 tahun.
- b. Untuk responden sebagai data *Cross Check* di lapangan yaitu di Bagian/Unit Kerja Kilang dengan kriteria: Pekerja Kilang, umur berkisar antara 20-53 tahun dan masa kerja berkisar antara 10-31 tahun.
- c. Responden diambil secara merata dari Bagian-bagian di lingkungan Kilang dengan data dan pola distribusi sebagai berikut:

Bidang produksi I terdiri dari:

Bagian *Fuel Oil Complex* : 12

Bagian *Fuel Oil Complex* : 12

Bagian-bagian lain : 12

Pada penelitian ini melibatkan 36 pekerja Pertamina UP IV Cilacap sebagai subyek penelitian. Jenis kelamin subyek penelitian seluruhnya adalah pria. Rerata umur adalah 48,2 (SD=1,97) tahun, dengan umur termuda adalah 45 tahun dan tertua adalah 52 tahun. Rerata masa kerja subyek penelitian adalah 11,5 (SD=4,34) tahun dengan masa kerja terpendek 10 tahun dan terlama adalah 20 tahun. Karakteristik subyek penelitian ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Karakteristik pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

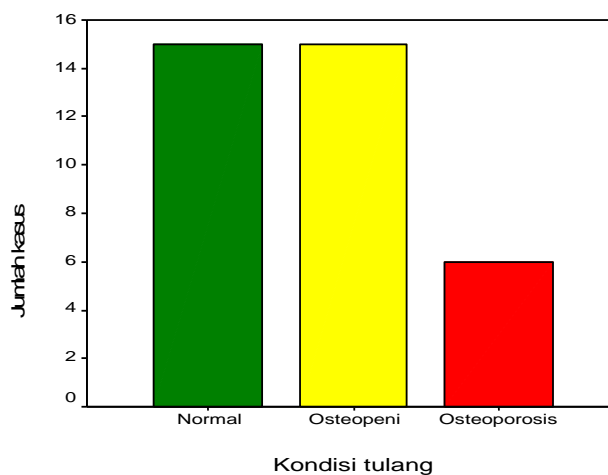
Variabel	Nilai
Umur; Rerata (SD)	48,2 (1,97) tahun
Masa kerja; Rerata (SD)	11,5 (4,34) tahun
Lokasi kerja; n (%)	
- Utility	3 (8,3%)
- Area 48	7 (19,4%)
- Area 70	6 (16,7%)
- Lokasi Kilang	20 (55,6%)

Sumber: Data Primer yang Diolah

Data pada tabel 4.5 juga menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja yang berkerja pada lokasi kilang.

D. Hasil Pemeriksaan *Bone Mass Densitometri (BMD)*

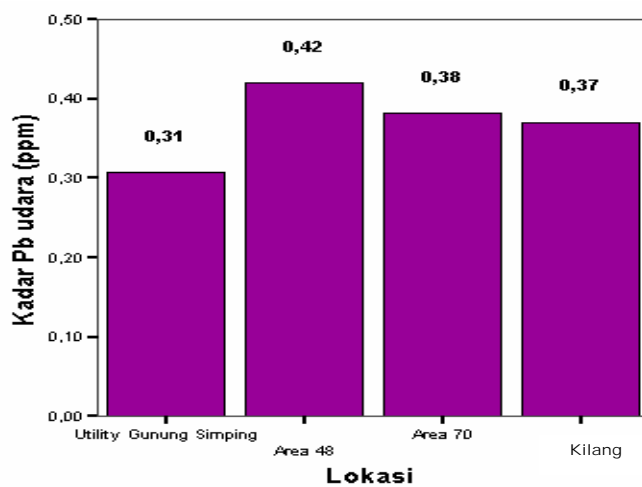
Hasil pemeriksaan BMD pada tahun 2006 pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap menunjukkan bahwa sebagian subyek penelitian (58,3%) kondisi tulangnya adalah tidak normal. Jumlah subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal adalah 15 orang (41,7%). Subyek penelitian dengan osteopeni adalah 15 orang (41,7%) dan osteoporosis adalah 6 orang (16,7%). Distribusi kondisi tulang subyek penelitian juga ditampilkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Kondisi tulang pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

E. Kadar Pb Udara pada Lokasi Kerja

Rerata kadar Pb udara pada tahun 2006 (Januari s/d Desember 2006) ditampilkan pada gambar 4.2.

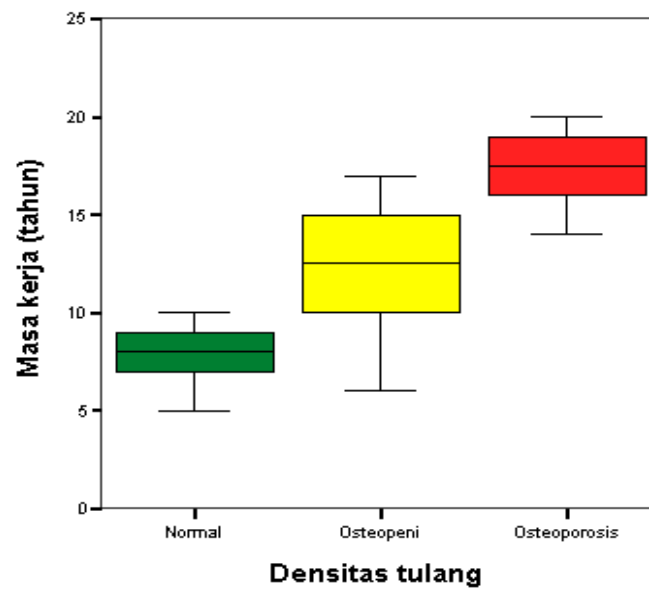


Gambar 4.2. Rerata kadar Pb udara dari bulan Januari s/d Desember 2006 di lokasi kerja pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

Data pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa kadar Pb tertinggi adalah di lokasi area 48 yaitu sebesar 0,42 ppm, selanjutnya adalah area 70 yaitu 0,38 ppm, area kilang secara umum 0,37 ppm dan paling rendah adalah di area Utility yaitu 0,31 ppm.

F. Hubungan antara Lama Kerja dengan Kondisi Tulang

Hubungan antara lama kerja dengan kondisi tulang pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian ditampilkan gambar 4.3.



Gambar 4.3. Perbandingan lama masa kerja pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

Data pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa subyek penelitian yang menderita osteopeni dan osteoporosis mempunyai masa kerja yang lebih lama dibanding yang kondisi tulangnya normal. Rerata lama masa kerja subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal adalah 7,7 (SD=1,60) tahun, sedangkan pada subyek penelitian yang menderita osteopeni lama masa kerja adalah 12,4 (SD=3,32) tahun sedangkan pada penderita osteoporosis lama masa kerja adalah 17,3 (SD=2,16) tahun. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada perbedaan yang bermakna pada lama masa kerja antara subyek penelitian dengan kondisi tulang normal dengan subyek penelitian dengan osteopeni ($p=0<0,001$) dan dengan yang menderita osteoporosis ($p<0,001$). Perbedaan yang bermakna juga dijumpai pada lama masa kerja antara subyek penelitian yang menderita osteopeni dengan yang menderita osteoporosis ($p=0,003$).

G. Hubungan antara Lokasi Kerja dengan Kejadian Osteoporosis

Distribusi kategori kondisi tulang berdasarkan lokasi kerja ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Distribusi kategori kondisi tulang berdasarkan lokasi kerja pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

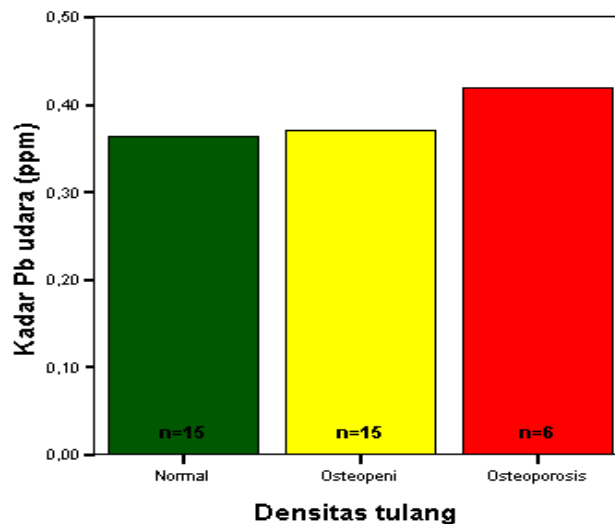
Lokasi	Kondisi tulang			Jumlah Sampel
	Normal	Osteopeni	Osteoporosis	
Utility	2 (66,7%)	1 (33,3%)	0 (0,0%)	3
Area 48	0 (0,0%)	1(14,3%)	6 (85,7%)	7

Area 70	3 (50,0%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	6
Area Kilang secara umum	10 (50,0%)	10 (50,0%)	0 (0,0%)	20
$\chi^2=30,40$	df = 6	p<0,001		

Data pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa kejadian osteoporosis seluruhnya dijumpai pada subyek penelitian yang berkerja di area 48 yaitu sebanyak 6 kasus, sedangkan kejadian osteopeni terbanyak dijumpai pada subyek penelitian yang bekerja di area Kilang yaitu sebanyak 10 kasus. Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara lokasi kerja dengan kondisi tulang subyek penelitian ($p<0,001$).

H. Hubungan antara Kadar Pb Udara dengan Kondisi Tulang

Hubungan antara kadar Pb udara dengan kondisi tulang ditampilkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Perbandingan rerata kadar Pb udara di tempat kerja dari bulan Januari s/d Desember 2006 pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

Data pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa rerata kadar Pb udara pada lokasi kerja subyek penelitian dengan osteoporosis adalah 0,42 (SD=0,000) ppm lebih tinggi dibanding penderita normal yaitu 0,36 (SD= 0,023) ppm, hasil uji statistik menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p<0,001$). Kadar Pb udara di lokasi kerja penderita osteoporosis juga lebih tinggi dibanding penderita osteopeni yaitu 0,37 (0,022) ppm, hasil uji statistik juga menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p<0,001$). Kadar Pb udara di lokasi kerja penderita osteopeni adalah lebih tinggi dibanding di lokasi kerja subyek penelitian dengan kondisi tulang normal, akan tetapi perbedaan ini adalah tidak bermakna ($p=0,6$).

I. Analisis Multivariat Faktor Risiko Kejadian Osteoporosis

Pengaruh lama masa kerja, lokasi tempat kerja dan kadar Pb udara terhadap kejadian osteoporosis dianalisis dengan uji regresi logistik dengan metode *backward stepwise conditional*. Kondisi tulang dikategorikan menjadi Normal dan Abnormal (Osteopeni dan Osteoporosis). Hasil uji regresi logistik menunjukkan bahwa lama masa kerja merupakan faktor risiko yang bermakna untuk kejadian osteoporosis. Nilai rasio odd untuk lama masa kerja adalah 2,4 (95% interval kepercayaan = 1,2 s/d 4,6; $p=0,01$).

Tabel 4.7. Hasil uji regresi logistik faktor yang berpengaruh terhadap kejadian osteoporosis pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

Variabel	β	S.E.	Wald	df	p	OR	95,0% C.I.	
							Bawah	Atas

Masa Kerja*	0,85	0,35	6,11	1	0,01	2,4	1,2	4,6
Konstan	-8,05	3,20	6,32	1	0,01	0,0		

* Step ke-3

Hasil uji diskriminan untuk mengetahui apakah lama masa kerja dan kadar Pb udara di lokasi kerja berpengaruh terhadap osteoporosis juga menunjukkan bahwa lama masa kerja adalah variabel yang lebih berpengaruh terhadap terjadinya abnormalitas kondisi tulang subyek penelitian dengan nilai Wilks' Lambda 0,496 ($p < 0,001$), sedangkan kadar Pb udara nilai Wilks' lambda adalah 0,897 ($p = 0,06$). Nilai koefisien korelasi Canonical untuk pengaruh variabel masa kerja dan kadar Pb udara adalah 0,71. Nilai *Square Canonical Correlation* adalah 0,50, dimana hal ini berarti bahwa hanya 50% kejadian abnormalitas tulang yang dipengaruhi oleh faktor lama masa kerja dan kadar Pb udara, sedangkan 50% lainnya dipengaruhi oleh adanya faktor lain.

BAB IV

D. HASIL PENELITIAN

J. Gambaran Umum Proses Produksi Pertamina UP IV Cilacap

Pertamina (PERSERO) Unit Pengolahan IV Cilacap merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang terdiri dari Kilang FOC (*Fuel Oil Complex*) I, FOC II, LOC (*Lube Oil Complex*) I, LOC II, LOC III dan Kilang Paraxylene. Kilang ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk

Bahan Bakar Minyak (BBM) dan produk Non BBM yang terus meningkat dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap suplai dari luar negeri.

4. Kilang Minyak I

Kilang Minyak I dibangun pada tahun 1974 dan selesai pada tahun 1976. Kilang ini dirancang untuk memproses bahan baku minyak mentah (*crude*) dari Timur Tengah (*Arabian Light Crude dan Iranian Light Crude*) dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 barrel/hari.

Fasilitas yang dimiliki Kilang Minyak I sebagai berikut:

a) *Fuel Oil Complex I* terdiri dari: 1. *Crude Destilating Unit* (CDU), 2. *Naphtha Hydrotreated Unit* (NHT) –I, 3. *Hydrodesulfurizer Unit*, 4. *Platformer Unit*, 5. *Propane Manufacturing Unit*, 6. *Merox Treter Unit*, 7. *Sour Water Stripper Fuel Oil Complex I* (FOC I), mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa gas, Premium, Avtur (bahan bakar pesawat terbang), Kerosene (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil* (solar), *Industrial Diesel Oil* (IDO), dan *Industrial Fuel Oil / Minyak Bakar* (IFO).

Lube Oil Complex I terdiri dari: 1. *High Vacuum Unit*, 2. *Propane DeasPhalting Uni*, 3. *Furfural Extraction Unit*, 4. *MEX Dewaxing Unit*, 5. *Sulfur recovery Unit* (SRU). *Lube Oil Complex I* (LOC I), mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan *Aspal*.

Tabel 4.1. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex I* dan *Lube Oil Complex I*

No	Fuel Oil Complex I		Lube Oil Complex I	
	BBM	NBM		Base OIL
1	<i>Premium</i>	<i>LPG (Liquefied)</i>	<i>Minarex-A</i>	<i>HVI- 60 (Hight Viscosity Index)</i>

		<i>Petroleum Gas)</i>		
2	<i>Kerosine</i>	<i>AVTUR</i>	<i>Minarex- B</i>	<i>HVI -95</i>
3	<i>Automotive Diesel Oil (ADO)</i>	<i>NAPHTHA</i>	<i>SLACK WAX</i>	<i>HVI-160 S</i>
4	<i>Industrial Diesel Oil (IDO)</i>	<i>LONG RESIDU</i>	<i>PARAFINIC- 60</i>	<i>HVI 650</i>
5			<i>PARAFINIC- 95</i>	

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

- b) *Utilites Complex I*, menyediakan Sarana penunjang Bagi unit-unit proses seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain-lain.
- c) *Offside Facilities* sebagai sarana penyimpanan minyak, (tangki timbun) pengendalian pencemaran dan sebagainya.

5. Kilang Minyak II

- a) *Fuel Oil Complex II* (FOC II), mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa Gas, *Premium*, *Avtur* (bahan bakar pesawat terbang), *Kerosene* (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil* (Solar), *Industrial Diesel Oil* (IDO) dan *Industrial Fuel Oil* / Minyak Bakar (IFO).

Tabel 4.2. Jenis Produksi *Fuel Oil Complex II* dan *Lube Oil Complex II*

No	Fuel Oil Complex II		Lube Oil Complex II	
	BBM	NBM		Base OIL
1	<i>PREMIUM</i>	<i>LPG (Liquefied Petroleum Gas)</i>	<i>SLACK WAX</i>	<i>LMO (VCBS) – 95(Low Machine</i>

				<i>Oil</i>
2	<i>KEROSINE</i>	<i>NAPHTA</i>	<i>MINAREX- H</i>	<i>MMO (VCBS) – 160 S (Medium Machine Oil)</i>
3	<i>Automotive Diesel Oil (ADO)</i>	<i>LSWR (Low Sulfur Waxy Residu)</i>	<i>ASPHALT</i>	
4	<i>Industrial Diesel Oil (IDO)</i>		<i>VGO (VACUm GAS Oil)</i>	
5	<i>IFO (Industrial Fuel Oil)</i>			

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

b) *Lube Oil Complex II*, mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan *Aspal*. Unit proses yang ada pada LOC II dapat dilihat pada Tabel 4.2 jenis produksi *Lube Oil Complex II*.

c) *Lube Oil Complex III*(LOC III)

Lube Base Oil (bahan dasar pelumas) dihasilkan oleh *Lube Oil Complex I – II*. Bahan dasar pelumas inilah yang kemudian dicampur dan ditambah aditif, sehingga menjadi pelumas seperti merk Mesran dan sejenisnya yang banyak ditemukan di pasaran. Sejalan dengan peningkatan kapasitas melalui *Debottlenecking Project* (1998 – 1999) dibangun LOC III, sehingga kapasitasnya semakin meningkat dari 2250.000 ton/tahun, menjadi 428.000 ton/tahun.

Tabel 4.3 Jenis Produksi Lube Oil Complex III

<i>E. Lube Oil Complex III</i>	
	<i>Base Oil</i>
<i>SLACK WAX</i>	<i>LMO (Light Machine Oil) (UCBS)</i>

	4
ASPHALT	MMO (<i>Medium Machine Oil</i>) (UCBS) - 8
VGO (<i>Vacum Gas Oil</i>)	

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

- d) *Utilities Complex II*, menyediakan sarana penunjang bagi unit-unit proses, seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain-lain.
- e) *Offsite Facilities*, sesuai sarana penyimpanan minyak, pengendalian pencemaran dan sebagainya.

6. Kilang Paraxylene Cilacap

Kilang Paraxylene Cilacap dibangun pada tahun 1988 dan beroperasi setelah diresmikan, pada tahun 1990. dengan pertimbangan sebagai berikut:

- c) Tersedianya bahan baku Naphtha yang cukup dari Kilang Minyak I dan II Cilacap (total kapasitas produksi 590.000 ton /tahun)
- d) Adanya sarana pendukung berupa dermaga, tangki dan utilities.

Tabel 4.4 Jenis Produksi Kilang Paraxylene Cilacap

Kilang Paraxylene (Petrokimia)	
PARAXYLENE	270.000 ton / tahun
BENZENE	120.000 ton / tahun
LPG (<i>Liquified Petroleum Gas</i>)	17.000 ton / tahun
REFFINATE	92.000 ton / tahun
HEAVY AROMATE	10.000 ton / tahun
FUEL GAS	81.000 ton /tahun

Sumber: Kilang Pertamina UP IV Cilacap

Kilang Paraxylene

Total kapasitas kilang ini sebesar 590.000 ton/tahun dengan jenis produksi yang dihasilkan:

(6.) *Paraxylene*

Produk paraxylene sebagian untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pusat *Aromatic* di UP III Plaju. Di kilang itu bahan ini diolah menjadi *purified therepthalic acid* (PTA) yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan baku benang bagi industri tekstil. Namun sebagian produk juga diekspor ke luar negeri.

(7.) *Benzene*

Sedangkan produk benzene dimanfaatkan sebagai bahan dasar industri petrokimia dan seluruhnya diekspor ke luar negeri.

(8.) *Raffinate*

Produk ini dimanfaatkan untuk blending premium dan selama ini dipasarkan didalam negeri.

(9.) *Heavy Aromatic*

Kapasitas produksi Heavy Aromatic sebesar 11.461 ton/tahun. Produk ini dimanfaatkan sebagai solvent dan dipasarkan di dalam negeri.

(10.) Toluena

Kapasitas produksi produk toluene 12.127 ton/tahun. Produk ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar industri Petrokimia dan dipasarkan di dalam negeri.

K. Karakteristik Subyek Penelitian

Responden yang sesuai dengan kriteria inklusi sampel penelitian ini adalah sebagai berikut:

- d. Untuk responden atau nara sumber di bagian/bidang terkait dengan pemeriksaan Osteoporosis antara lain di bagian Terminal, Fuel Oil Complex, Lube Oil Complex, Utilities, Jasa Pemeliharaan Kilang dan masa kerja di atas 10 tahun.
- e. Untuk responden sebagai kontrol di lapangan yaitu di Bagian/Unit Kerja Kilang dengan kriteria: Pekerja Kilang, umur berkisar antara 20-53 tahun dan masa kerja berkisar antara 10-31 tahun.
- f. Responden diambil dengan metode random sederhana dari Bagian-bagian di lingkungan Kilang dengan data dan pola distribusi sebagai berikut:

Bidang produksi I terdiri dari:

Bagian *Fuel Oil Complex* : 12

Bagian *Fuel Oil Complex* : 12

Bagian-bagian lain : 12

Total sampel pada penelitian ini 36 pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap sebagai subyek penelitian. Jenis kelamin subyek penelitian seluruhnya adalah pria. Rerata umur adalah 48,2 (SD=1,97) tahun, dengan umur termuda adalah 45 tahun dan tertua adalah 52 tahun. Rerata masa kerja subyek penelitian adalah 11,5 (SD=4,34) tahun dengan masa kerja terpendek 10 tahun dan terlama adalah 20 tahun. Karakteristik subyek penelitian ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Karakteristik pegawai Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

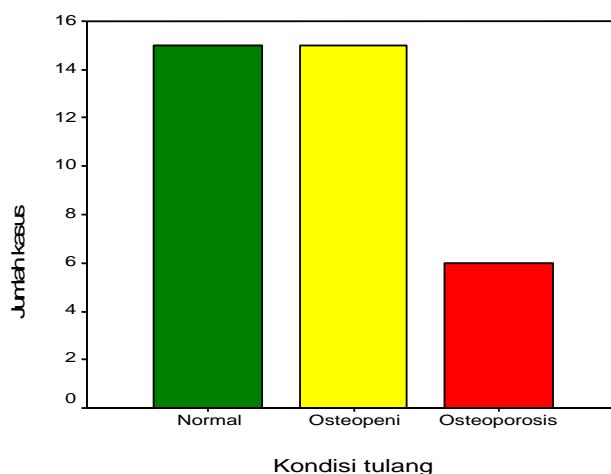
Variabel	Nilai
Umur; Rerata (SD)	48,2 (1,97) tahun
Masa kerja; Rerata (SD)	11,5 (4,34) tahun
Lokasi kerja; n (%)	
- Utility	3 (8,3%)
- Area 48	7 (19,4%)
- Area 70	6 (16,7%)
- Lokasi Kilang	20 (55,6%)

Sumber: Data Primer

Data pada tabel 4.5 juga menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja yang berkerja pada lokasi kilang.

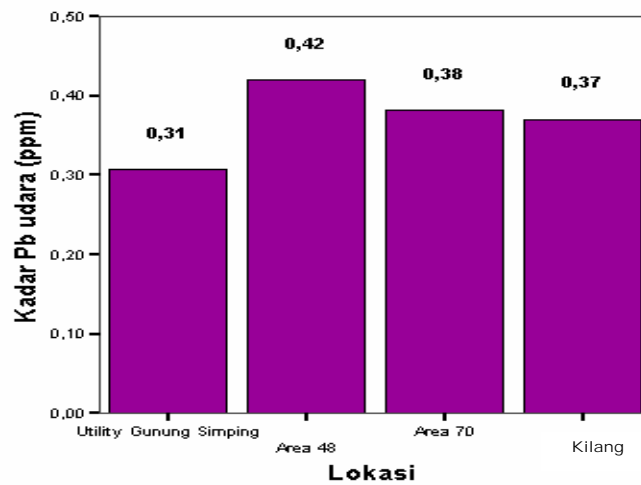
L. Hasil Pemeriksaan *Bone Mass Densitometri* (BMD)

Hasil pemeriksaan BMD pada tahun 2006 pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap menunjukkan bahwa sebagian subyek penelitian (58,3%) kondisi tulangnya adalah tidak normal. Jumlah subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal adalah 15 orang (41,7%). Subyek penelitian dengan osteopeni adalah 15 orang (41,7%) dan osteoporosis adalah 6 orang (16,7%). Distribusi kondisi tulang subyek penelitian juga ditampilkan pada gambar 4.1.



M. Kadar Pb Udara pada Lokasi Kerja

Rerata kadar Pb udara pada tahun 2006 (Januari s/d Desember 2006) ditampilkan pada gambar 4.2.

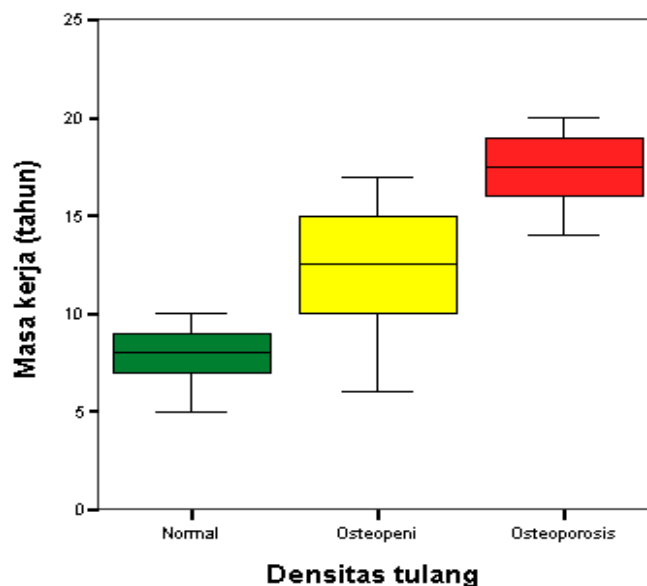


Gambar 4.2. Rerata kadar Pb udara dari bulan Januari s/d Desember 2006 di lokasi kerja pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

Data pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa kadar Pb tertinggi adalah di lokasi area 48 yaitu sebesar 0,42 ppm, selanjutnya adalah area 70 yaitu 0,38 ppm, area kilang secara umum 0,37 ppm dan paling rendah adalah di area Utility yaitu 0,31 ppm.

N. Hubungan antara Lama Kerja dengan Kondisi Tulang

Hubungan antara lama kerja dengan kondisi tulang pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian ditampilkan gambar 4.3.



Gambar 4.3. Perbandingan lama masa kerja pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

Data pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa subyek penelitian yang menderita osteopeni dan osteoporosis mempunyai masa kerja yang lebih lama dibanding yang kondisi tulangnya normal. Rerata lama masa kerja subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal adalah 7,7 (SD=1,60) tahun, sedangkan pada subyek penelitian yang menderita osteopeni lama masa kerja adalah 12,4 (SD=3,32) tahun sedangkan pada penderita osteoporosis lama masa kerja adalah 17,3 (SD=2,16) tahun. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada perbedaan yang bermakna pada lama masa kerja antara subyek penelitian dengan

kondisi tulang normal dengan subyek penelitian dengan osteopeni ($p=0<0,001$) dan dengan yang menderita osteoporosis ($p<0,001$). Perbedaan yang bermakna juga dijumpai pada lama masa kerja antara subyek penelitian yang menderita osteopeni dengan yang menderita osteoporosis ($p=0,003$).

O. Hubungan antara Lokasi Kerja dengan Kejadian Osteoporosis

Distribusi kategori kondisi tulang berdasarkan lokasi kerja ditampilkan pada tabel 4.6.

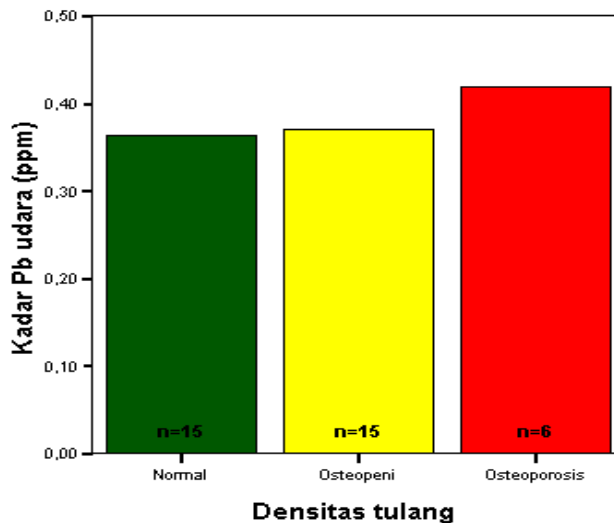
Tabel 4.6. Distribusi kategori kondisi tulang berdasarkan lokasi kerja pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

Lokasi	Kondisi tulang			Jumlah Sampel
	Normal	Osteopeni	Osteoporosis	
Utility	2 (66,7%)	1 (33,3%)	0 (0,0%)	3
Area 48	0 (0,0%)	1(14,3%)	6 (85,7%)	7
Area 70	3 (50,0%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	6
Area Kilang secara umum	10 (50,0%)	10 (50,0%)	0 (0,0%)	20
$\chi^2=30,40$	df = 6	$p<0,001$		

Data pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa kejadian osteoporosis seluruhnya dijumpai pada subyek penelitian yang berkerja di area 48 yaitu sebanyak 6 kasus, sedangkan kejadian osteopeni terbanyak dijumpai pada subyek penelitian yang bekerja di area Kilang yaitu sebanyak 10 kasus. Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara lokasi kerja dengan kondisi tulang subyek penelitian ($p<0,001$).

P. Hubungan antara Kadar Pb Udara dengan Kondisi Tulang

Hubungan antara kadar Pb udara dengan kondisi tulang ditampilkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Perbandingan rerata kadar Pb udara di tempat kerja dari bulan Januari s/d Desember 2006 pada masing-masing kategori kondisi tulang pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36).

Data pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa rerata kadar Pb udara pada lokasi kerja subyek penelitian dengan osteoporosis adalah 0,42 (9SD=0,000) ppm lebih tinggi dibanding penderita normal yaitu 0,36 (SD= 0,023) ppm, hasil uji statistik menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p<0,001$). Kadar Pb udara di lokasi kerja penderita osteoporosis juga lebih tinggi dibanding penderita osteopeni yaitu 0,37 (0,022) ppm, hasil uji statistik juga menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p<0,001$). Kadar Pb udara dilokasi kerja penderita

osteopeni adalah lebih tinggi dibanding di lokasi kerja subyek penelitian dengan kondisi tulang normal, akan tetapi perbedaan ini adalah tidak bermakna ($p=0,6$).

Q. Analisis Multivariat Faktor Risiko Kejadian Osteoporosis

Pengaruh lama masa kerja, lokasi tempat kerja dan kadar Pb udara terhadap kejadian osteoporosis dianalisis dengan uji regresi logistik dengan metode *backward stepwise conditional*. Kondisi tulang dikategorikan menjadi Normal dan Abnormal (Osteopeni dan Osteoporosis). Hasil uji regresi logistik menunjukkan bahwa lama masa kerja merupakan faktor risiko yang bermakna untuk kejadian osteoporosis. Nilai rasio odd untuk lama masa kerja adalah 2,4 (95% interval kepercayaan = 1,2 s/d 4,6; $p=0,01$).

Tabel 4.7. Hasil uji regresi logistik faktor yang berpengaruh terhadap kejadian osteoporosis pada pekerja Pertamina UP IV Cilacap yang menjadi subyek penelitian (n=36)

Variabel	β	S.E.	Wald	df	p	OR	95,0% C.I.	
							Bawah	Atas
Masa Kerja*	0,85	0,35	6,11	1	0,01	2,4	1,2	4,6
Konstan	-8,05	3,20	6,32	1	0,01	0,0		

* Step ke-3

Hasil uji diskriminan untuk mengetahui apakah lama masa kerja dan kadar Pb udara di lokasi kerja berpengaruh terhadap osteoporosis juga menunjukkan bahwa lama masa kerja adalah variabel yang lebih berpengaruh terhadap terjadinya abnormalitas kondisi tulang subyek penelitian dengan nilai Wilks' Lambda 0,496 ($p<0,001$), sedangkan kadar Pb udara nilai Wilks' lambda adalah 0,897 ($p=0,06$). Nilai koefisien korelasi Canonical untuk pengaruh variabel masa kerja dan kadar Pb udara adalah 0,71. Nilai *Square Canonical*

Correlation adalah 0,50, dimana hal ini berarti bahwa hanya 50% kejadian abnormalitas tulang yang dipengaruhi oleh faktor lama masa kerja dan kadar Pb udara, sedangkan 50% lainnya dipengaruhi oleh adanya faktor lain.

BAB V

PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan untuk melihat faktor risiko kadar Pb pada pekerja kilang minyak, hasil menunjukkan adanya risiko pada pemaparan Pb di lingkungan kerja terhadap kejadian osteoporosis di lingkungan kerja, dimana masa kerja yang melebihi rerata masa kerja 12,4 tahun memiliki risiko osteopeni yang tinggi dan masa kerja yang melebihi masa 15 tahun memiliki risiko untuk terjadinya osteoporosis lebih besar. Hal ini juga terlihat pada gambar 4.1 yang menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan *Bone Mass Densitometri (BMD)* pada 36 subyek penelitian yang dilakukan pada bulan Juni sampai dengan Desember tahun 2006 menunjukkan bahwa sebagian besar subyek penelitian 21 pekerja (58,3%) kondisi tulangnya memperlihatkan adanya kelainan berupa osteopeni dan osteoporosis, sementara subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal sebanyak 15 pekerja (41,7%). Subyek penelitian dengan osteopeni adalah 15 pekerja (41,7%) dan osteoporosis adalah 6 pekerja (16,7%) mempunyai masa kerja yang lebih lama dibandingkan dengan pekerja yang memiliki kondisi tulang normal.

Beberapa faktor yang menyebabkan masa kerja yang lama memberikan risiko untuk terjadinya osteopeni dan osteoporosis disebabkan adanya kemungkinan faktor degenerasi pada pekerja kilang yang memiliki usia lebih dari 40 tahun. Rerata masa kerja subyek penelitian yang kondisi tulangnya menderita osteopeni adalah 12,4 (SD=3,32) tahun sedangkan pada penderita

osteoporosis masa kerja adalah 17,3 (SD=2,16) tahun. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa masa kerja mempunyai risiko yang tinggi untuk terjadinya osteoporosis. Semakin tinggi masa kerja, risiko terjadinya osteoporosis semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai faktor risiko osteoporosis di lingkungan kerja dengan kemungkinan pemaparan Pb yang tinggi yang menunjukkan bahwa pekerja yang bekerja di lingkungan Pb yang tinggi menunjukkan adanya peningkatan kejadian osteoporosis.^{12,13}

Meskipun pada beberapa penelitian lain juga menunjukkan adanya faktor lain yang berperan untuk terjadinya osteoporosis seperti misalnya adanya pencemaran cadmium, benzene dan faktor lain seperti faktor degenerasi, kebiasaan merokok dan kurangnya asupan nutrisi yang mengandung kalsium dan tidak tertibnya penggunaan APD pada saat memasuki area kilang.^{11,12,13}

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada perbedaan yang bermakna pada lama masa kerja antara subyek penelitian dengan kondisi tulang normal dengan subyek penelitian dengan osteopeni ($p=0,001$) dan dengan yang menderita osteoporosis ($p<0,001$). Perbedaan yang bermakna juga dijumpai pada lama masa kerja antara subyek penelitian yang menderita osteopeni dengan yang menderita osteoporosis ($p=0,003$).

Pada penelitian ini juga menunjukkan adanya perbedaan area kerja dengan kejadian osteoporosis. Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa kejadian osteoporosis seluruhnya dijumpai pada subyek penelitian yang bekerja di area 48 yaitu sebanyak 6 kasus, sedangkan kejadian osteopeni terbanyak dijumpai pada

subyek penelitian yang bekerja di area Kilang yaitu sebanyak 10 kasus. Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara lokasi kerja dengan kejadian osteoporosis pada subyek penelitian ($p < 0,001$).

Data yang digambarkan pada gambar 4 menunjukkan bahwa rerata kadar Pb udara pada lokasi kerja subyek penelitian dengan osteoporosis adalah 0,42 (SD=0,000) ppm lebih tinggi dibanding penderita normal yaitu 0,36 (SD=0,023) ppm, hasil uji statistik menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p < 0,001$). Kadar Pb udara di lokasi kerja penderita osteoporosis juga lebih tinggi dibanding penderita osteopeni yaitu 0,37 (0,022) ppm, hasil uji statistik juga menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p < 0,001$). Kadar Pb udara di lokasi kerja penderita osteopeni adalah lebih tinggi dibanding di lokasi kerja subyek penelitian dengan kondisi tulang normal, akan tetapi perbedaan ini adalah tidak bermakna ($p = 0,6$).

Hal ini sesuai dengan kondisi lingkungan kerja dimana pada Area 48 dan kilang secara keseluruhan menunjukkan adanya kadar Pb yang lebih tinggi dari area lain. Pada pekerja di area 70, kejadian osteopeni dan osteoporosis sangat rendah meskipun kadar Pb lebih tinggi dari pada Area 48 dan Lokasi Kilang yang lain.

Pengaruh lama masa kerja, lokasi tempat kerja dan kadar Pb udara terhadap kejadian osteoporosis dianalisis dengan uji regresi logistik dengan metode *backward stepwise conditional*. Kondisi tulang dikategorikan menjadi Normal dan Abnormal (Osteopeni dan Osteoporosis). Hasil uji regresi logistik menunjukkan bahwa lama masa kerja merupakan faktor risiko yang bermakna

untuk kejadian osteoporosis. Nilai rasio odd untuk lama masa kerja adalah 2,4 (95% interval kepercayaan = 1,2 s/d 4,6; $p=0,01$). Hal ini sesuai dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa masa kerja yang tinggi di lingkungan kerja dengan kadar Pb tinggi menunjukkan adanya risiko kejadian osteoporosis yang tinggi. Meskipun beberapa hal yang sangat berpengaruh yaitu adanya kebiasaan merokok pada pekerja dan kebiasaan penggunaan APD yang tidak tertib dilakukan meskipun peraturan mengenai penggunaan APD sudah diterapkan di seluruh lokasi kilang. Kurangnya monitoring dan pengawasan terhadap pekerja yang memasuki area kilang juga menyebabkan risiko yang tinggi untuk terjadinya osteoporosis.

Hasil uji diskriminan juga menunjukkan bahwa lama masa kerja adalah variabel yang lebih berpengaruh terhadap terjadinya abnormalitas kondisi tulang subyek penelitian dengan nilai Wilks' Lambda 0,496 ($p<0,001$), sedangkan kadar Pb udara nilai Wilks' lambda adalah 0,897 ($p=0,06$). Nilai koefisien korelasi Canonical untuk pengaruh variabel masa kerja dan kadar Pb udara adalah 0,71. Nilai Square Canonical Correlation adalah 0,50, dimana hal ini berarti bahwa hanya 50% kejadian abnormalitas tulang yang dipengaruhi oleh faktor lama masa kerja dan kadar Pb udara, sedangkan 50% lainnya dipengaruhi oleh adanya faktor lain. Beberapa faktor lain yang memberikan risiko tinggi adalah kebiasaan merokok pada pekerja, faktor degenerasi pada beberapa pekerja di usia lebih dari 40 tahun. Mengingat bahwa proses degenerasi tulang lebih besar daripada proses pembentukan tulang dan juga adanya ekskresi kalsium yang berlebihan pada pekerja yang terkontaminasi oleh Pb di

lingkungan kerja. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chalkley dkk yang menunjukkan bahwa pekerja pada industri *smelter* yang terpapar oleh Pb dan Cd menunjukkan peningkatan kejadian osteoporosis dan osteomalacia sesuai dengan peningkatan kadar Pb dalam darah. Hal ini dapat terjadi karena pada pemaparan Pb dan Cd yang tinggi akan mengakibatkan interaksi Pb dan Cd dengan hidroksilase vitamin D pada mitokondrial ginjal. Pertubasi dari *pathway* untuk metabolisme Cd akan mengakibatkan efek pada kesehatan berupa osteoporosis dan osteomalacia, dimana risiko ini akan semakin tinggi dengan peningkatan pemaparan kadar Pb di lingkungan kerja.¹²

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah dilakukan penelitian tentang faktor risiko kejadian osteoporosis pada pekerja kilang Pertamina UP IV Cilacap, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pemeriksaan *Bone Mass Densitometri (BMD)* pada 36 subyek penelitian tahun 2006 menunjukkan bahwa sebagian besar subyek penelitian (58,3%) kondisi tulangnya memperlihatkan adanya kelainan osteopeni dan osteoporosis, sementara subyek penelitian yang kondisi tulangnya normal sebanyak 15 orang (41,7%). Rerata lama masa kerja subyek penelitian yang menderita osteoporosis adalah 17,3 (SD=2,16) tahun.
2. Ada perbedaan yang bermakna pada lama masa kerja antara subyek penelitian dengan kondisi tulang normal dengan subyek penelitian dengan osteopeni ($p=0<0,001$) dan dengan yang menderita osteoporosis ($p<0,001$).
3. Tidak ada hubungan antara riwayat paparan Pb dengan kejadian osteoporosis.
4. Ada hubungan antara lama kerja dengan kejadian osteoporosis.
5. Rerata kadar Pb udara pada lokasi kerja subyek penelitian dengan osteoporosis adalah 0,42 (SD=0,000) ppm lebih tinggi dibanding penderita

normal yaitu 0,36 (SD= 0,023) ppm, hasil uji statistik menunjukkan perbedaan ini adalah bermakna ($p < 0,001$).

6. Hasil uji regresi logistik menunjukkan bahwa lama masa kerja merupakan faktor risiko yang bermakna untuk kejadian osteoporosis. Nilai rasio odd untuk lama masa kerja adalah 2,4 (95% CI = 1,2 s/d 4,6; $p = 0,01$).
7. Hasil uji diskriminan menunjukkan nilai koefisien korelasi Canonical untuk pengaruh variabel masa kerja dan kadar Pb udara adalah 0,71. Nilai *Square Canonical Correlation* adalah 0,50.

B. Saran

1. Perlu melakukan pencegahan secara dini kejadian osteoporosis dengan melakukan pola hidup sehat, olah raga teratur, mengkonsumsi makanan yang mengandung Vitamin D.
2. Perlu adanya penambahan titik pemantauan berkala pada beberapa lokasi yang kilang yang diperkirakan menunjukkan kadar Pb yang cukup tinggi untuk mencegah adanya peningkatan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang.
3. Perlu dilakukan Pemeriksaan *Bone Mass Density* (BMD) yang rutin pada seluruh pekerja kilang untuk mengetahui secara dini kejadian osteopeni atau osteoporosis sehingga dapat dilakukan tindakan kontrol/pengendalian pada beberapa area yang menunjukkan kejadian osteoporosis yang tinggi.

4. Perlu adanya penambahan titik pemantauan berkala pada beberapa lokasi yang kilang yang diperkirakan menunjukkan kadar Pb yang cukup tinggi untuk mencegah adanya peningkatan kejadian osteoporosis pada pekerja kilang.
5. Perlu adanya monitoring dan evaluasi yang ketat untuk pengguna alat pelindung diri (APD) meskipun peralatan untuk pemakaian APD sudah diterapkan di semua lokasi Kilang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lilley J, Walters BG, Heath DA, Droic Z, In vivo and in vivo precision for bone density measured by dual energy x ray absorption. *Osteoporosis Int.* 1: 141-146. 1991
2. Schlenker RA, Von Seggen WW. The distribution of cortical and trabecular bone mass along the length of the radius and ulna and the implication for in vivo bone mass measurements. *Calcif Tissue Res* 20: 41-52. 1976
3. Ganong, WF. *Fisiologi Kedokteran*, EGC, 2005 Bab 21, 398–412
4. Guyton & Hall. *Fisiologi Kedokteran* 11th ed, EGC, 2002
5. Sherwood Lauralee. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*, 677–686, EGC.2002
6. Tencer J, Thysell H, Grubb A. Analysis of proteinuria: reference limits for urine excretion of albumin, protein HC, immunoglobulin G, kappa and lamda immunoreactivity, orosomucoid and alpha 1-antitrypsin. *Scand J Clin Lab. Invest* 56: 691-700. 1996
7. Tencer J, Thysell H, Andersson K, Grubb A. Stability of albumin, protein HC, immunoglobulin G, kappa, and lamda chain immunoreactivity, orosomucoid and alpha 1-antitrypsin in urine stored at various conditions. *Scand J Clin Lab. Invest* 54: 199-206. 1994
8. Lemeshow, et.al. *Besar sampel dalam penelitian kesehatan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta; 1997. p.21-26.
9. Murti B. *Prinsip dan metode riset epidemiologi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 2003
10. Murti B. *Analisis regresi ganda logistik. Prinsip dan metode riset epidemiologi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta; 1997. p.367-388.
11. Jarup L, Elinder CG. Dose response relation between urinary cadmium and tubular proteinuria in cadmium exposed workers. *Am J Ind Med* 26: 759-769. 1994
12. Chalkley SR, J Richmond, D Barltrop, Measurements of Vitamin D₃ metabolites in smelter workers exposed to lead and cadmium, Downloaded from oem.bmjournals.com on 17 June 2005, *Occup Environ Med* 1998;55:446-452

13. Mc Coy, Schultze M. O. Chemical Studies Related To Hematopoietic Activity of Bone Marrow, Department of Chemistry, August 21, 1944
14. Zaman D.Z. & Bottcher D.B. Homewater Quality and Safety Circular 703 : 1 – 15. 1986
15. Reinhardt G. Growing Body of Research Links Lead to Osteoporosis. Univ of Rochester. Medical Center. 2006
16. Mercer, C. Cola Drinks Raise Osteoporosis Risk, Science & Nutrition.2006
17. Sun Yi et-al. Osteoporosis in A Chinese Population Due to Occupational Exposure to Lead.
18. Los Alamos, National Laboratory Molybdenum Chemistry Encyclopedia.2007.



