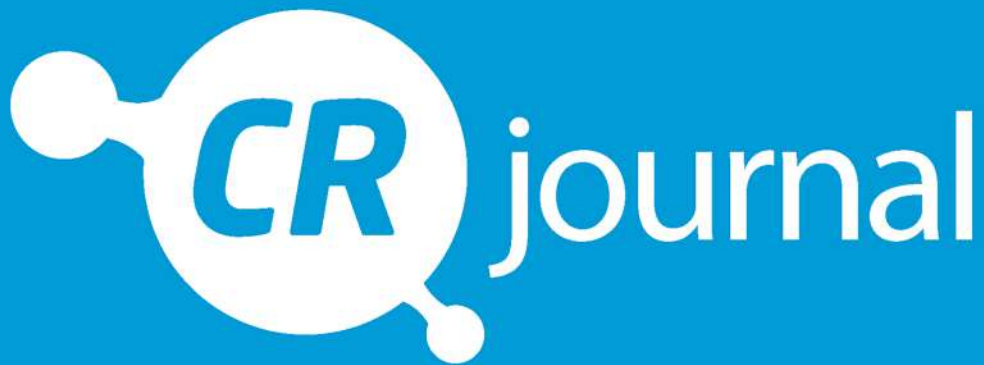




Creative Research for West Java Development

Volume 01, Nomor 01, Desember 2015, Hal. 1 - 94

Valuasi Ekonomi Kekayaan Sumberdaya Kelautan Jawa Barat Selatan
Iwang Gumilar dan Agus Ruswandi

Kajian Status Hara Tanah Dan Tanaman Di Perkebunan Teh Jawa Barat
Dan Sumatera Utara
Restu Wulansari

Pengaruh Kualitas Pendidikan Terhadap Kepuasan Mahasiswa Lulusan
Prodi DIII Kebidanan Di STIKes Respati Tasikmalaya
Annisa Rahmidini, Firman F. Wirakusumah, dan Sari Puspa Dewi

Perancangan Material Coran Baja Link Track untuk Bucket Wheel Excavator
Batubara
Beny Bandanadjaja dan M. Achyarsyah

Peningkatan Kekerasan Permukaan Ferro Casting Ductile (FCD) 700 Melalui
Proses Nitridasi Dengan Media Urea
Wiwik Purwadi, Dewi Idamayanti, dan Firman

Hubungan Paparan Xylene Dan Methyl Hippuric Acid Pada Pekerja Informal
Pengecatan Mobil Di Karasak, Bandung
Gede Herang Cahyana, Athoni Sukrisna, dan Tri Mulyani



**BADAN PENELITIAN PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN
ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI
PROVINSI JAWA BARAT**

VALUASI EKONOMI KEKAYAAN SUMBERDAYA KELAUTAN JAWA BARAT SELATAN

ECONOMIC VALUATION OF MARINE RESOURCES IN SOUTHERN WEST JAVA

Iwang Gumilar¹ dan Agus Ruswandi²

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran¹

Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 40600 Telp/Fax : 022-87701519 / 87701518

Badan Penelitian Pengembangan dan Penerapan Iptek Provinsi Jawa Barat²

Jl.Citarum No. 8 Bandung 40115 Telp/Fax : 022-87244652 / 022-7272919

E-mail : iwanggumilar@gmail.com¹ wandi_ngi@yahoo.com²

ABSTRACT

The research aims to conduct an economic valuation of the wealth of marine resources in the South Coast region West Java with a technique to quantify the value of resources in monetary terms. The experiment was conducted September-December 2012 include Ciamis, Tasikmalaya, Garut, Cianjur, Sukabumi. Data collected include secondary data and primary data. Secondary data was collected from relevant agencies, primary data collected through field observation and Focus Group Discussion. Analysis method was use description analysis. Economic valuation used Total Economic Valuation (TEV) approaches, involved renewable resources such as mangrove resources, fisheries culture (pond and marine culture), and fishing; nonrenewable resources (mining); and environmental services (tourism activities). The results of this research obtained the economic value (present value with a discount factor of 16%) in the marine resources of the South West Java in 2012 for renewable resources amounted to Rp 1.408.989.172.400, which consists of the present value of the economic value of fish resources Rp. 1,345,910,309,000; aquaculture Rp. 60,725,829; coral reef resources. Rp 9,138,987,443; seagrass resources Rp. 46,367,631,672; and mangrove resource Rp. 7,511,518,456. The total economic value of nonrenewable resources (iron/Fe deposit) was USD 31,950 trillion; and the economic value of tourism services was Rp. 3,558,263,040,000.

Keywords: resources, marine, economy, valuation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan valuasi ekonomi terhadap kekayaan sumberdaya kelautan di wilayah Pantai Selatan Jawa Barat dengan teknik mengkuantifikasi nilai sumber daya dalam satuan moneter. Penelitian dilaksanakan Bulan September–Desember 2012 meliputi Kabupaten Ciamis, Tasikmalaya, Garut, Cianjur, Sukabumi. Data yang dikumpulkan meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder dikumpulkan dari instansi terkait, sedangkan data primer dikumpulkan melalui observasi lapang dan *Focus Group Discussion*. Analisis yang digunakan adalah analisis deskripsi, serta perhitungan nilai ekonomi sumberdaya kelautan melalui pendekatan *Total Economic Value* (TEV) yang meliputi sumberdaya hayati seperti sumberdaya perikanan laut (tangkap), sumberdaya tambak, sumberdaya terumbu karang, sumberdaya padang lamun dan sumberdaya mangrove; sumberdaya non hayati (pasir besi) dan jasa lingkungan (jasa pariwisata). Dari hasil studi ini diperoleh nilai ekonomi (present value dengan discount faktor 16%) total sumberdaya kelautan Jawa Barat Selatan Tahun 2012 untuk sumberdaya hayati sebesar Rp.1.408.989.172.400, yang terdiri dari nilai ekonomi present value sumberdaya ikan Rp.1.345.910.309.000; budidaya tambak Rp. 60.725.829; sumberdaya terumbu karang Rp.9.138.987.443; sumberdaya lamun Rp. 46.367.631.672; dan sumberdaya mangrove Rp.7.511.518.456. Total estimasi nilai ekonomi untuk sumberdaya non hayati berupa cadangan pasir besi sebesar Rp 31.950 triliun; nilai ekonomi jasa pariwisata sebesar Rp.3.558.263.040.000.

Kata Kunci: sumberdaya, kelautan, ekonomi, valuasi

PENDAHULUAN

Wilayah Jawa Barat Selatan, telah menjadi perhatian khusus karena memiliki potensi sumberdaya alam yang cukup banyak termasuk sumberdaya kelautan, juga degradasi daya dukung lingkungan akibat tingkat eksploitasi yang semakin meningkat dan tidak terkendali. Sumberdaya alam tidak saja memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga memberikan manfaat berupa jasa-jasa

lingkungan yang mempengaruhi kesejahteraan manusia (Saraswati, 2005).

Menurut Undang-Undang tentang Perikanan (2004), bahwa Sumberdaya Kelautan meliputi sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil serta sumberdaya lautan. Sumber Daya Kelautan adalah sumber daya hayati, sumber daya nonhayati; sumber daya buatan, dan jasa-jasa lingkungan; sumber daya hayati meliputi ikan, terumbu karang, padang

lamun, mangrove dan biota laut lain; sumber daya nonhayati meliputi pasir, air laut, mineral dasar laut; sumber daya buatan meliputi infrastruktur laut yang terkait dengan kelautan dan perikanan, dan jasa-jasa lingkungan berupa keindahan alam, permukaan dasar laut tempat instalasi bawah air yang terkait dengan kelautan dan perikanan serta energi gelombang laut yang terdapat di wilayah pesisir.

Dalam UU No. 32 tahun 2002 jo UU No.23 tahun 2014, terdapat aturan mengenai kewenangan daerah provinsi dalam pengelolaan wilayah kelautan dalam batasan 12 mil laut yang diukur dari garis pantai ke arah laut lepas dan atau ke arah perairan kepulauan, dan pemerintah kabupaten/kota berhak mengelola sepertiganya atau 4 mil laut. Dengan adanya UU tersebut terbuka peluang yang lebih luas bagi daerah guna mengoptimalkan pengelolaan kawasan pesisir dan lautnya secara sinergis, mengatur dan merencanakan dalam memanfaatkan potensi sumberdaya yang ada, memanfaatkan dan mengontrol dalam mengoptimalkan potensi sumberdaya kelautan bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat agar terjamin keberlangsungan fungsi keseimbangan lingkungan. Dalam UU No. 32 Tahun 2002 tentang Pemerintahan Daerah Pasal 18, juga menjelaskan bahwa Pemerintah Provinsi berwenang untuk mengelola sumber daya laut yang meliputi eksplorasi, eksploitasi, konservasi dan pengelolaan kekayaan laut.

Dalam Undang-undang No 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau – Pulau Kecil, pasal 1 menyebutkan bahwa Sumber Daya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil adalah sumber daya hayati, sumber daya nonhayati; sumber daya buatan, dan jasa-jasa lingkungan; sumber daya hayati meliputi ikan, terumbu karang, padang lamun, mangrove dan biota laut lain; sumber daya nonhayati meliputi pasir, air laut, mineral dasar laut; sumber daya buatan meliputi infrastruktur laut yang terkait dengan kelautan dan perikanan, dan jasa-jasa lingkungan berupa keindahan alam, permukaan dasar laut tempat instalasi bawah air yang terkait dengan kelautan dan perikanan serta energi gelombang laut yang terdapat di Wilayah Pesisir. Tiga hal yang mendasari kebijakan dalam pembangunan perikanan yaitu mengembangkan perekonomian (*pro growth*) melalui pertumbuhan industri dalam negeri dan

menunjang pembangunan daerah, memperluas lapangan kerja (*pro job*) dan meningkatkan pendapatan nelayan guna menanggulangi kemiskinan (*pro poor*) (Bappeda Jabar, 2007).

Permasalahannya adalah seringkali pemanfaatan sumberdaya kelautan yang tidak terkendali menyebabkan degradasi sumberdaya (lingkungan) seperti overfishing, dan pencemaran. Pembangunan kelautan di Jawa Barat Selatan harus secara cermat diperhitungkan dengan matang. Hal ini tentunya menyangkut seberapa besar potensi sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan, dengan tetap memperhatikan kelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan melakukan valuasi ekonomi terhadap kekayaan sumberdaya kelautan di wilayah Pantai Selatan (Pansela) Jawa Barat dengan teknik mengkuantifikasi nilai sumber daya dalam satuan moneter.

Sejauh ini penelitian mengenai valuasi ekonomi sumberdaya kelautan di Pansela Jabar masih belum banyak dilakukan. Pentingnya dilakukan valuasi ekonomi ini diantaranya adalah mengestimasi nilai ekonomi sumberdaya kelautan sehingga ketika terjadi kerusakan akibat adanya kegiatan pemanfaatan sumberdaya maka akan dapat ditentukan nilai resiko lingkungan (*environmental risk cost*) yang harus diganti atau dikeluarkan.

METODE

Penelitian dilaksanakan Bulan September–Desember 2012 di wilayah Jawa Barat Selatan, meliputi Kabupaten Pangandaran, Tasikmalaya, Garut, Cianjur, Sukabumi. Metode penelitian yang digunakan secara umum adalah metode survey, yaitu penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual, baik tentang institusi sosial, ekonomi atau politik dari suatu kelompok atau suatu daerah (Nasir, 1999). Data yang dikumpulkan meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder dikumpulkan dari instansi terkait seperti Dinas Kelautan Perikanan Provinsi Jawa Barat, Kementerian Kelautan Perikanan, Dinas Lingkungan Hidup provinsi, Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten, hasil-hasil penelitian sejenis di tempat lain, dan BPS. Data primer dikumpulkan melalui wawancara dengan responden dengan menggunakan kuesioner dan *Focus Group*

Discussion (FGD) dengan pejabat dinas instansi terkait.

Analisis yang digunakan adalah analisis deskripsi kuantitatif, serta perhitungan nilai ekonomi sumberdaya kelautan dilakukan melalui pendekatan *Total Economic Value* (TEV) dari sumberdaya mangrove, perikanan budidaya (tambak, dan laut), perikanan tangkap, pasir besi, dan sektor pariwisata bahari. Secara umum teknik valuasinya adalah dengan cara mengalikan produksi dengan harganya, selanjutnya didiskonto dengan nilai discount factor (DF) tertentu. Data yang digunakan bersifat series untuk dinilai present value-nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Valuasi ekonomi adalah teknik mengkuantifikasi nilai sumber daya dalam satuan moneter. Menurut Barbier (1997) dalam Gumilar (2010), ada 3 jenis pendekatan penilaian sebuah ekosistem alam yaitu (1) *impact analysis*, (2) *partial analysis*, (3) *total valuation*. Pendekatan *impact analysis* dilakukan apabila nilai ekonomi ekosistem dilihat dari dampak yang mungkin timbul sebagai akibat dari aktivitas tertentu. Secara *partial analysis* dilakukan dengan menetapkan dua atau lebih alternatif pilihan pemanfaatan ekosistem. Sedangkan, *total valuation* dilakukan untuk menduga total kontribusi ekonomi dari sebuah ekosistem tertentu kepada masyarakat.

Sumberdaya kelautan meliputi sumberdaya pesisir dan laut. Secara garis besar, sumberdaya kelautan yang dihitung dalam penelitian ini meliputi sumberdaya hayati dan non hayati. Sumberdaya hayati meliputi : sumberdaya ikan terdiri dari ikan budidaya (tambak) dan ikan tangkap (meliputi binatang kulit keras, binatang lunak, binatang air lainnya, tumbuhan air); mangrove. Sumberdaya non hayati meliputi pasir besi dan tambang lainnya; sumberdaya buatan seperti infrastruktur; dan jasa lingkungan seperti pariwisata. Di bawah ini disajikan hasil valuasi ekonomi beberapa sumberdaya kelautan. Valuasi ekonomi sumberdaya kelautan adalah moneterisasi potensi sumberdaya pesisir dan laut dalam satuan mata uang tertentu dalam hal ini rupiah, dengan maksud untuk mengetahui nilai ekonomi ekstrinsik dan intrinsik sumberdaya tersebut.

Sumberdaya Ikan

Sumberdaya ikan meliputi ikan dan non ikan seperti binatang, kulit keras, binatang lunak, binatang air lainnya sesuai dengan ketentuan yang ada dalam UU Perikanan. Valuasi ekonomi sumberdaya ikan pada prinsipnya merupakan hasil kali potensi atau produksi sumberdaya (volume atau bobot) dengan harganya (Rp), baik harga pasar (*market price*) maupun harga pasar yang diciptakan (*created market/surrogate market*) (Tabel 1).

Tabel 1. Valuasi Ekonomi Sumberdaya Ikan di Pansela Jawa Barat, Tahun 2008-2010 (Rp.1000,00)

TAHUN	2008	2009	2010
Present Value (Rp)	2.115.294.059	1.471.267.694	1.345.910.309
Discount Factors (16%)	0,862	0,743	0,641
Nilai Ekonomi Sumber Daya Ikan	2.453.937.423	1.980.171.863	2.099.704.070
Ikan	1.707.818.996	1.372.199.305	1.555.743.982
Binatang kulit keras	596.760.269	432.720.436	391.803.752
Binatang Kulit Lunak	142.108.000	168.729.647	142.944.563
Binatang air lainnya	31,617	0	0
Tumbuhan air (rumput laut)	85,754	325,404	575,326
Jumlah total	2.446.687.382	1.973.649.713	2.099.704.070

Sumber: Statistik Perikanan 2007-2010

Berdasarkan tabel tersebut, nilai ekonomi total untuk sumberdaya ikan yang meliputi ikan (demersal dan pelagis), binatang lunak, binatang kulit keras, binatang air lainnya, dan tumbuhan air yang ada di Pantai Selatan Jawa Barat diestimasi (Tahun 2011 berbasis data Tahun 2010) sebesar Rp. 2.099.704.070.000 setelah didiscounted dengan *discount factor* (DF) 16% diperoleh nilai kini (*present value*) sebesar Rp. 1.345.910.309.000 (*satu trilyun tiga ratus empat puluh lima milyar sembilan ratus sepuluh juta tiga ratus sembilan ribu rupiah*). Nilai tersebut didasarkan pada pendekatan nilai manfaat langsung (*direct use value*) sumberdaya ikan berupa hasil tangkapan. DF 16% merupakan angka penyesuaian nilai uang (*adjusted value*) untuk sumberdaya alam termasuk di dalamnya sumberdaya pertanian dalam arti luas (Mulyadi, 1991).

Beberapa jenis ikan yang bernilai ekonomis tinggi dan memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap nilai ekonomi sumberdaya ikan diantaranya manyung, selar, layang,

bawal hitam, bawal putih, kakap putih, tembang, lemuru, teri, peperek, kakap merah, belanak, tigawaja, tongkol krai, tongkol komo, kembung, tenggiri, madidihang, tuna mata besar, tongkol abu-abu, layur, cucut, pari, jenis-jenis udang, rajungan, cumi-cumi, sotong dan rumput laut.

Tambak

Kegiatan budidaya tambak di wilayah pesisir selatan Jawa Barat tersebar di lima kabupaten (Ciamis, Tasikmalaya, Garut, Cianjur, Sukabumi). Komoditas yang dibudidayakan umumnya jenis Udang Vannamei. Kabupaten yang memiliki luas areal dan nilai produksi paling tinggi untuk budidaya tambak adalah Kabupaten Pangandaran yaitu 72,14 ha, sedangkan luas areal tambak paling kecil adalah Kabupaten Cianjur yaitu 3,40 ha. Nilai total ekonomi dari budidaya tambak yang meliputi lima kabupaten di Pansela Jabar terhitung sebesar Rp.70.447.598.000,- dengan DF(1) 16% maka nilai kini (*Present Value*) diperoleh nilai Rp. 60.725.830.000 (Tabel 2.)

Tabel 2. Budidaya Tambak di Pesisir Selatan Jawa Barat Tahun 2012

No	Kabupaten	Luas Areal (ha)	Jumlah Produksi (Ton)	Jumlah Nilai Produksi (Rp. 1.000,-)	Present Value (DF 16%)
					0,862
1.	Pangandaran	72,14	721,43	35.973.636	31.009.274
2.	Tasikmalaya	19,2	86,07	1.513.575	1.304.702
3.	Garut	26,4	131,02	7.731.987	6.664.973
4.	Cianjur	3,4	33,65	1.346.000	1.160.252
5.	Sukabumi	41,2	543,4	23.882.400	20.586.629
Jumlah		162,34	1.515,77	70.447.598	60.725.829
PRESENT VALUE (Rp)				60.725.829	

Sumber : Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat, 2010 (diolah), 2012

Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem khas perairan pesisir daerah tropis, yang pada dasarnya terbentuk dari endapan-endapan masif Kalsium Karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh organisme karang *hermatipik* (Filum *Cnidaria*) seperti *Acropora*, *Fungia* dan *Porites* yang bersimbiosis dengan *Zooxantellae*. Terumbu karang merupakan penahan gelombang alamiah (*barrier*) khususnya karang tepi dan karang atol. Disamping itu terumbu karang merupakan tempat habitat ikan-ikan tertentu baik itu ikan hias maupun ikan untuk konsumsi masyarakat dan juga dapat berfungsi sebagai objek wisata bahari yang sangat menarik.

Kerusakan karang tepi di pesisir selatan Jawa Barat umumnya disebabkan karena ulah manusia, diantaranya oleh jangkar nelayan yang melakukan pemancingan di daerah terumbu karang, pengeboman ikan dan pasokan material dari limbah banjir yang dibawa oleh sungai-sungai. Belum diketahui secara pasti jenis, skala dan dampak dari pencemaran sungai dan pesisir dari limbah perkotaan, erosi lahan dan garis pantai, serta yang berasal dari industri-industri pengolahan hasil pertanian.

Valuasi ekonomi sumberdaya terumbu karang (*coral reefs*) menggunakan *benefit approach*, yaitu penilaian ekonomi

lingkungan untuk sumberdaya terumbu karang dilihat dari sudut pandang manfaatnya (*benefit*) diantaranya meliputi 1) Manfaat produksi makanan (*food production*), dan 2) Manfaat kontrol biologi (*biological control*). Manfaat *food production* merupakan manfaat *direct use* sedangkan manfaat *biological control* merupakan manfaat *indirect use*.

Dalam perhitungan ini menggunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- (1) Nilai manfaat *food production* dari terumbu karang mengacu kepada Kusumastanto (2000) dalam DKP (2006) sebesar 68 dolar per hektar per tahun.
- (2) Nilai manfaat *biological control* dari terumbu karang mengacu kepada Kusumastanto (2000) dalam DKP (2006) sebesar 39 dolar per hektar per tahun.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 3, dapat diestimasi nilai total ekonomi untuk sumberdaya terumbu karang di Pansela Jawa Barat Tahun 2012 sebesar Rp. 10.602.073.600 dengan DF (16%) maka present value-nya diperoleh sebesar Rp. 9.138.987.443 (*sembilan milyar seratus tiga puluh delapan juta sembilan ratus delapan puluh tujuh ribu empat ratus empat puluh tiga rupiah*).

Tabel 3. Valuasi Ekonomi Sumberdaya Terumbu Karang di Pansela Jawa Barat, 2012

No	Kabupaten	Luas Total (Ha)	Manfaat Food Production (Rp/th)	Biological control (Rp/th)	Jumlah (Rp/th)	Present Value (DF 16%)
						0,862
1.	Pangandaran	1.975	1.342.850.400	770.164.200	2.113.014.600	1.821.418.585
2.	Tasikmalaya	7.400	5.032.000.000	2.886.000.000	7.918.000.000	6.825.316.000
3.	Garut	525	357.000.000	204.750.000	561.750.000	484.228.500
4.	Cianjur	0	0	0	0	0
5.	Sukabumi	9	5.916.000	3.393.000	9.309.000	8.024.358
Jumlah		9.908	6.737.766.400	3.864.307.200	10.602.073.600	9.138.987.443
Present Value (DF 16%)			5.807.954.637	3.331.032.806	9.138.987.443	

Sumber: Data sekunder (*diolah*) 2012

Padang Lamun

Padang lamun adalah ekosistem khas laut dangkal di perairan hangat dengan dasar pasir dan didominasi tumbuhan lamun, sekelompok tumbuhan anggota bangsa Alismatales yang beradaptasi di air asin. Padang lamun hanya dapat terbentuk pada perairan laut dangkal (kurang dari tiga meter) namun dasarnya tidak pernah terbuka dari perairan (selalu tergenang) (https://id.wikipedia.org/wiki/Padang_lamun, diakses 23 November, 2015).

Wilayah pesisir selatan Jawa Barat yang memiliki persyaratan cukup baik untuk pertumbuhan vegetasi lamun adalah di wilayah pesisir Pangandaran, dimana kondisi perairannya yang relatif bersih, dasar perairan berpasir dan dangkal sehingga memiliki penetrasi cahaya matahari yang baik sepanjang tahun.

Dalam perhitungan valuasi ekonomi sumberdaya lamun (*sea grass*) ini menggunakan pendekatan *benefit approach*, yaitu penilaian ekonomi lingkungan untuk sumberdaya lamun dilihat dari sudut pandang manfaatnya (benefit) meliputi 1)

Manfaat bahan baku (*raw material*), dan 2) Manfaat siklus nutrisi. Manfaat *raw material* merupakan manfaat *direct use* sedangkan manfaat siklus nutrisi merupakan manfaat *indirect use*.

Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam perhitungan ini:

- (1) Nilai manfaat *raw material* dari lamun mengacu kepada Kusumastanto (2000) dalam DKP (2006) sebesar 2 dolar per hektar per tahun.
- (2) Nilai manfaat siklus nutrisi dari lamun mengacu kepada Kusumastanto (2000) dalam DKP (2006) sebesar 10.000 dolar per hektar per tahun.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diestimasi, bahwa nilai total ekonomi untuk sumberdaya lamun di Pansela Jawa Barat tahun 2012 sebesar Rp. 53.790.756.000 dengan DF (16%) diperoleh nilai *present value* sebesar Rp. 46.367.631.672 (*empat puluh enam milyar tiga ratus enam puluh tujuh juta enam ratus tiga puluh satu ribu enam ratus tujuh puluh dua rupiah*)

Tabel 4. Valuasi Ekonomi Sumberdaya Lamun di Pansela Jawa Barat Tahun 2012

No	Kabupaten	Luas Total (Ha)	Manfaat raw material (Rp/th)	Siklus nutrisi (Rp/th)	Jumlah (Rp/th)	Present Value (DF 16%)
						0,862
1.	Pangandaran	462	9.240.000	46.200.000.000	46.209.240.000	39.832.364.880
2.	Tasikmalaya	0	0	0	0	0
3.	Garut	75	1.500.000	7.500.000.000	7.501.500.000	6.466.293.000
4.	Cianjur	0	0	0	0	0
5.	Sukabumi	0,8	16.000	80.000.000	80.016.000	68.973.792
Jumlah		537,8	10.756.000	53.780.000.000	53.790.756.000	46.367.631.672
Present Value (DF 16%)			9.271.672	46.358.360.000	46.367.631.672	

Sumber: KKP (diolah), 2012

Mangrove

Hutan mangrove yang paling luas terdapat di Kabupaten Pangandaran (pemekaran dari Kabupaten Ciamis). Menurut data ekosistem laut, pesisir dan pulau-pulau kecil tahun 2010, selain Kabupaten Ciamis seluruh wilayah pesisir selatan Jawa Barat memiliki hutan mangrove walaupun luasannya tidak seluas hutan mangrove yang dimiliki oleh Kabupaten Ciamis.

Jenis mangrove yang ada didominasi oleh bakau-bakau, tancang, terutama di sekitar Pelabuhan Majingklak, sedangkan pohon nipah banyak dijumpai di muara Sungai Cijulang dan Cigaluh. Di sepanjang Sungai Cikambulan, didominasi oleh Nipah, bakau dan api-api.

Teridentifikasi mangrove di wilayah pesisir selatan Jawa Barat per Kabupaten (Statistik Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat, 2010) adalah sebagai berikut:

- Kabupaten Pangandaran : 237,58 Ha
- Kabupaten Tasikmalaya : 45,50 Ha
- Kabupaten Garut : 50,90 Ha
- Kabupaten Cianjur : 2,00 Ha
- Kabupaten Sukabumi : 6,20 Ha

Valuasi ekonomi sumberdaya mangrove di Pansela Jawa Barat menggunakan pendekatan *benefit approach*, yaitu penilaian ekonomi lingkungan untuk sumberdaya mangrove dilihat dari sudut pandang manfaat (benefit) meliputi 1) manfaat produksi hasil hutan, 2) Manfaat hewan liar, 3) Manfaat penyedia pakan, 4) Manfaat daerah asuhan ikan, 5) Manfaat pelindung pantai dari abrasi, 6) Manfaat serapan karbon, dan 7) Manfaat keanekaragaman hayati.

Manfaat produksi hasil hutan dan manfaat hewan liar merupakan manfaat *direct use*; manfaat penyedia pakan, manfaat daerah asuhan ikan, manfaat pelindung pantai dari abrasi, dan manfaat serapan karbon merupakan manfaat *indirect use*; sementara

manfaat keanekaragaman hayati merupakan manfaat *option*.

Dalam perhitungan valuasi ekonomi sumberdaya mangrove menggunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- (1) Nilai produksi hutan mangrove mengacu kepada hasil penelitian Christensen (1982) dalam Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) 2006 sebesar 89,83 dolar per hektar per tahun. 1 US \$ = 10.000 rupiah.
- (2) Nilai manfaat hewan liar mengacu kepada Kusumastanto (2000) dalam DKP (2006) sebesar 2200 dolar per hektar per tahun.
- (3) Nilai manfaat penyedia pakan mengacu kepada Naamin (1984) dalam DKP (2006) sebesar 29,54 dolar per hektar per tahun.
- (4) Nilai manfaat daerah asuhan ikan mengacu kepada Ruitenbeek (1991) dalam DKP (2006) sebesar 142,64 dolar per hektar per tahun.
- (5) Nilai manfaat pelindung abrasi mengacu kepada Aprilwati (2001) dalam DKP (2006) sebesar 44,62 dolar per hektar per tahun.
- (6) Nilai manfaat serapan karbon mengacu kepada Simangunsong (2005) dalam DKP (2006) sebesar 25 dolar per hektar per tahun.
- (7) Nilai manfaat keanekaragaman hayati mengacu kepada Ruitenbeek (1991) dalam DKP (2006) sebesar 15 dolar per hektar.

Dari hasil analisis, dapat diestimasi bahwa nilai total ekonomi sumberdaya mangrove di Pansela Jawa Barat Tahun 2012 sebesar Rp. 8.714.058.534 dengan DF (16%) diperoleh *present value* sebesar Rp. 7.511.518.456 (*tujuh milyar lima ratus sebelas juta lima ratus delapan belas ribu empat ratus lima puluh enam rupiah*).

Tabel 5. Valuasi Ekonomi Sumberdaya Mangrove di Pansela Jawa Barat, 2012

No	Kabupaten	Luas (ha)	Nilai produksi hasil hutan (Rp/th)	Hewan liar (Rp.000/th)	Penyedia pakan (Rp/th)	Daerah asuhan ikan (Rp/th)	Pelindung pantai dari abrasi (Rp/th)	Serapan karbon (Rp.000/th)	Nilai keanekaragaman hayati (Rp/th)	Jumlah (Rp/th)	Present Value (DF 16%)
0,862											
1	Pangandaran	237,58	213.418.114	5.226.760	70.181.132	338.884.112	106.008.196	59.395	35.637.000	6.050.283.554	5.215.344.424
2	Tasikmalaya	45,50	40.872.650	1.001.000	13.440.700	64.901.200	20.302.100	11.375	6.825.000	1.158.716.650	998.813.752
3	Garut	50,90	45.723.470	1.119.800	15.035.860	72.603.760	22.711.580	12.725	7.635.000	1.296.234.670	1.117.354.286
4	Cianjur	2,00	1.796.600	44.000	590.800	2.852.800	892.400	500	300.000	50.932.600	43.903.901
5	Sukabumi	6,20	5.569.460	136.400	1.831.480	8.843.680	2.766.440	1.550	930.000	157.891.060	136.102.094
Jumlah		342,18	307.380.294	7.527.960	101.079.972	488.085.552	152.680.716	85.545	51.327.000	8.714.058.534	7.511.518.456
Present Value (DF 16%)			264.961.813	6.489.101,5	87.130.936	420.729.746	131.610.777	73.739,79	44.243.874	7.511.518.456	

Sumber: Statistik Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat, (diolah), 2012

Pasir Besi

Kawasan pertambangan pasir besi di Pansela Jawa Barat diduga kaya material titanium. Berdasarkan hasil riset Direktorat Pengembangan Potensi Daerah BKPM (2011) mensinyalir kandungan pasir besi titanium pada sejumlah daerah endapan pasir di muara sungai di Jawa Barat bagian selatan itu bisa mencapai 14% per meter kubik. Usaha pertambangan yang beroperasi di kawasan selatan Jawa Barat sudah mengeruk kandungan material titanium.

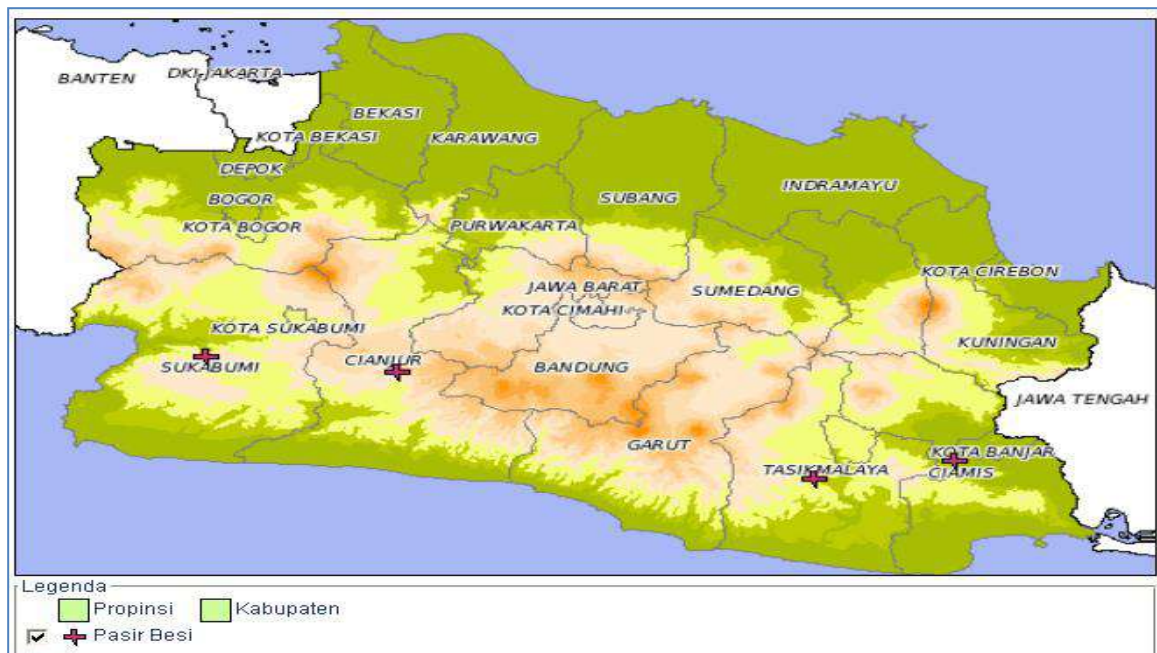
Harga pasir besi biasa di tingkat lokal dapat berkisar antara Rp. 300.000 - Rp.500.000/M³ (Bappeda Kabupaten Cianjur, 2012) Harga pasir besi titanium mencapai belasan kali lipat dari harga pasir besi biasa. Oleh karena itu, perlu pengaturan lebih lanjut terkait usaha pertambangan di kawasan itu. Misalnya izin usaha pertambangan itu ditingkatkan kategorinya dari galian C menjadi A.

Selama ini, publik hanya mengenal pantai di Jabar selatan kaya kandungan mineral terutama di muara sungai. Akan tetapi, kawasan yang lebih kaya mineral justru berada di wilayah pegunungan sebab material di pesisir itu merupakan bawaan dari pegunungan yang terbawa arus sungai (*placer deposit*). Kawasan pegunungan di Jabar bagian selatan memang kaya mineral.

Akan tetapi perlu pengaturan lebih lanjut jika memang dibolehkan eksplorasi pada pegunungan di kawasan itu.

Berdasarkan data Direktorat Pengembangan Potensi Daerah BKPM (2011) lokasi penyebaran potensi pasir besi di Pansela Jawa Barat meliputi Kabupaten Sukabumi, Cianjur, Tasikmalaya, dan Ciamis (Gambar.1).

Lokasi penyebaran cadangan pasir besi di Kabupaten Sukabumi tersebar di lima kecamatan yaitu Kecamatan Ciracap, Surade, Jampang, Tegalbuleud dan Palabuhan Ratu, dengan volume estimasi sekitar 48.800.000 ton. Dengan asumsi harga pasir besi di tingkat pengusaha lokal Pansela Jabar sebesar Rp 500.000/M³, maka diestimasi nilai ekonomi cadangan pasir besi di Kabupaten Sukabumi sebesar Rp 24.400 triliun. Penggunaan nilai harga maksimum dimaksudkan untuk mencegah nilai sumberdaya terlalu rendah (*under value*) terutama pada saat penghitungan nilai kerusakan sumberdaya karena adanya aktivitas eksploitasi yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Selain itu, nilai sumberdaya pasir besi diduga akan terus meningkat sejalan dengan adanya kelangkaan (*scarcity*) dimasa yang akan datang karena eksploitasi yang berlebihan/terus menerus.



Gambar 1. Lokasi Penyebaran Potensi cadangan Pasir Besi di Pansela Jawa Barat

Sumber: Direktorat Pengembangan Potensi Daerah BKPM, 2011

Potensi cadangan pasir besi di Kabupaten Cianjur tersebar di dua kecamatan yaitu Kecamatan Sindang Barang, dan Kecamatan Cidaun dengan estimasi volume potensi cadangan sebesar 4.000.000 ton di Kecamatan Sindang Barang dan 4.000.000 ton di Kecamatan Cidaun. Dengan asumsi harga pasir besi di tingkat pengusaha lokal Pansela Jabar sebesar Rp.500.000/M³, maka diestimasi nilai ekonomi pasir besi di Kabupaten Cianjur sebesar Rp 4.000 triliun. Kisaran harga pasir besi per meter kubik dapat bervariasi dari mulai Rp.331.500 sampai dengan Rp.500.000/M³ (Bappeda Kabupaten Cianjur, 2012).

Berdasarkan kajian Bappeda Kabupaten Cianjur (2012) potensi cadangan tambang yang ada di Pansela Jawa Barat termasuk di Kabupaten Cianjur, tidak hanya pasir besi tetapi meliputi potensi tambang lainnya seperti andesit, batugamping, bentonit, feldspar, marmer, trass, sirtu, oker, diatomea, lempung, batu ornamen dan titan.

Potensi cadangan dan nilai ekonominya untuk masing-masing komoditas tambang tersebut di Kabupaten Cianjur secara ringkas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Jenis Bahan Galian Tambang dan Perhitungan Nilai Ekonomi di Kabupaten Cianjur (dalam jutaan)

No.	Bahan Galian	Sumber Daya	Satuan	Harga satuan (Rp/m ³)	Nilai Ekonomi (Rp)
1	Andesit (split)	177.990.000	ton	35.000	6.229.650
2	Batugamping	161.503.000	ton	20.000	3.230.060
3	Bentonit	24.199.999,2	ton	52.500	1.270.499,95
4	Feldspar	5.580.000	Ton	55.000	306.900
5	Marmer	72.000.000	Ton	57.000	4.104.000
6	Trass	53.622.855,96	Ton	25.000	1.340.571,399
7	Sirtu	34.846.000	Ton	22.500	784.035
8	Oker	260.000	Ton	22.500	5.850
9	Diatomea	400.000	Ton	32.250	12.900
10	Lempung	10.865.000	Ton	30.000	325.950
11	Batu Ornamen	520.000	Ton	35.000	18.200
12	Pasir besi	4.232.103,81	ton	331.500	1402942
13	Titan	890.922,32	ton	2.692.363	

Sumber: Bappeda Kabupaten Cianjur, 2012

Potensi cadangan pasir besi di Kabupaten Tasikmalaya tersebar di dua kecamatan yaitu Kecamatan Cipatujah dan Cikalong diestimasi sebesar 4.200.000 ton di Cipatujah, dan 2.400.000 ton di Cikalong. Dengan asumsi harga pasir besi di tingkat lokal di tingkat pengusaha di Pansela Jabar sebesar Rp.500.000/M³, maka dapat diestimasi nilai ekonomi potensi cadangan pasir besi di Kabupaten Tasikmalaya sebesar Rp 3.300 triliun.

Potensi cadangan pasir besi di Kabupaten Pangandaran tersebar di dua kecamatan yaitu Kecamatan Pangandaran dan Cijulang dengan volume potensi cadangan diestimasi sebesar 500.000 ton. Dengan asumsi harga pasir besi di tingkat lokal di tingkat pengusaha di Pansela Jabar sebesar Rp 500.000/M³, maka diestimasi nilai ekonomi potensi cadangan pasir besi sebesar Rp 250 triliun.

Rekapitulasi Nilai Ekonomi Cadangan Pasir Besi di Pansela Jabar

Berdasarkan hasil rekapitulasi data diperoleh nilai ekonomi total cadangan pasir besi di Pansela Jawa Barat yang meliputi empat kabupaten yaitu Kabupaten Sukabumi, Cianjur, Tasikmalaya dan Pangandaran, diestimasi sebesar Rp 31.950 triliun. Nilai ini cenderung terus meningkat sesuai dengan

perkembangan harga atau inflasi pasir besi di masa yang akan datang (Tabel 7).

Kabupaten Sukabumi menduduki peringkat potensi cadangan pasir besi yang paling tinggi (76,37%) dibanding kabupaten-kabupaten lainnya di Pansela Jawa Barat. Selanjutnya diikuti Kabupaten Cianjur, Tasikmalaya dan Pangandaran.

Pariwisata/Wisata Bahari

Pariwisata merupakan salah satu potensi wilayah pesisir yang dapat berkontribusi terhadap pembangunan wilayah pesisir. Potensi ini selain juga memberikan dampak ekonomi, juga memberikan dampak ekologi cukup signifikan terhadap perbaikan dan sanitasi lingkungan sekitar. Melalui program-program pengembangan pariwisata untuk keindahan panorama pantai atau pengembangan hutan mangrove lestari merupakan salah satu potensi wisata yang bersinergi dengan pengembangan konservasi sumberdaya pesisir dan laut. Sehingga tidaklah mengherankan bilamana pengembangan pariwisata bahari merupakan salah satu pemanfaatan potensi sumberdaya yang tepat untuk dilakukan di wilayah pesisir dan laut Provinsi Jawa Barat.

Objek Daya Tarik Wisata (ODTW) di kawasan pesisir selatan Jawa Barat, objek wisatanya dibagi kedalam 3 Kawasan Wisata Unggulan (KWU), yaitu :

- Kawasan Rekreasi Pantai Pangandaran;

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Ekonomi Cadangan Pasir Besi di Pansela Jawa Barat (Satuan rupiah)

No	Kabupaten	Potensi Cadangan (m3)	Harga (Rp/m3)	Nilai (Rp)	Prosentase (%)
1	Sukabumi	48.800.000.000	500.000	24.400.000.000.000.000	76,37
2	Cianjur	8.000.000.000	500.000	4.000.000.000.000.000	12,52
3	Tasikmalaya	6.600.000.000	500.000	3.300.000.000.000.000	10,33
4	Pangandaran	500.000.000	500.000	250.000.000.000.000	0,78
Jumlah		63.900.000.000		31.950.000.000.000.000	100,00

Sumber: Data Primer (diolah), 2012

- Kawasan Wisata Minat Khusus di Jabar Selatan;
- Kawasan Ekowisata Teluk Palabuhan Ratu.

Pada KWU Rekreasi Pantai Pangandaran, umumnya berjenis wisata alam pantai dan laut, meliputi Pantai Batu Karas, Pantai Batu Hiu, dan Pantai Indah Pangandaran. Pesatnya perkembangan ODTW di KWU Pantai Pangandaran ini didukung oleh semakin membaiknya sarana dan prasarana, sehingga tingkat kunjungan wisatawan nusantara maupun mancanegara cukup tinggi.

Kawasan Wisata Unggulan Minat Khusus Jabar Selatan merupakan rangkaian ODTW yang berada di hampir sepanjang pesisir selatan Jawa Barat. Kawasan wisata ini menawarkan tema petualangan alam dengan objek wisata berupa hutan, sungai, pantai dan laut. Objek wisata utama yang menjadi unggulan di KWU ini adalah Pantai Ujung Genteng (Kabupaten Sukabumi), Pantai Rancabuaya (Kabupaten Garut), Pantai Cipatujah (Kabupaten Tasikmalaya), Pantai Santolo dan Sayang Heulang, serta Kawasan Wisata Agro Curug Orok (Kabupaten Garut).

Kawasan Wisata Unggulan lainnya di sekitar Pantai Selatan Jawa Barat berdasarkan RIPPDA Jawa Barat 2005 adalah KWU Ekowisata Pelabuhan Ratu. ODTW yang dikelompokkan pada KWU Pelabuhan Ratu diantaranya adalah Wana Wisata Sukawayana, Goa Lalay, Sungai Citarik, Pantai Cibangbang, Pantai Karang Hawu, serta pantai Cimaja.

Perhitungan valuasi ekonomi untuk jasa lingkungan difokuskan (*case study*) di lokasi wisata di Pantai Pangandaran, yang merupakan salah satu tempat wisata terkenal di Pantai Selatan Jawa Barat, sedangkan lokasi lainnya relatif masih kurang berkembang pesat.

Berdasarkan hasil penelitian Yuliriane dan Gumilar (2012) mata pencaharian masyarakat Pangandaran sebagian besar terkonsentrasi pada empat mata pencaharian utama, yaitu nelayan (30,86%), jasa pariwisata (20,04%), pedagang (18,17%) dan karyawan (12,67%). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa potensi perikanan dan wisata bahari di Pangandaran sangat penting.

Tabel 8. Jumlah Pengunjung Pantai Pangandaran pada Tahun 2005 sampai dengan Tahun 2011

Tahun	Klasifikasi Pengunjung		Jumlah (Jiwa)	Persentase (%)	
	Domestik	Asing		Domestik	Asing
2005	420.886	2.801	423.687	12,29	9,47
2006	271.842	1.618	273.460	7,93	5,47
2007	253.207	4.306	257.513	7,39	14,56
2008	480.703	5.040	485.743	14,03	17,05
2009	580.741	4.960	585.701	16,95	16,77
2010	694.424	5.913	700.337	20,26	20,00
2011	724.690	4.932	729.622	21,15	16,68
Jumlah	3.426.493	29.570	3.456.063	100,00	100,00

Sumber: Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Ciamis dalam Yuliriane dan Gumilar, 2012

Jumlah wisatawan ke Pangandaran pada Tahun 2011 merupakan jumlah tertinggi sejak Tahun 2005, dengan jumlah kunjungan wisatawan Domestik mencapai 21,15% dan Asing mencapai 16,68%. Data tersebut terus meningkat secara signifikan dari Tahun 2008. Kunjungan wisatawan terendah terjadi pada Tahun 2006 dan Tahun 2007, pengunjung domestik hanya mencapai 7,93% dan 7,39%, pengunjung asing 5,47% dan 14,56%. Hal ini disebabkan bencana Tsunami yang melanda Pantai Pangandaran di Tahun 2006. Pemulihan Pangandaran baik dari segi infrastruktur, layanan masyarakat dan sarana prasarana menyebabkan kembalinya kepercayaan wisatawan untuk berkunjung kembali.

Estimasi nilai penerimaan (revenue) menurut jenis kegiatan yang ada di Pantai Pangandaran disajikan pada (Tabel 9). Berdasarkan data Dinas Pariwisata dan Budaya Kabupaten Ciamis (2008) dalam Yuliriane dan Gumilar (2012) jumlah pelaku jasa pariwisata yang ada di Pantai Pangandaran tercatat sekitar 1.788 orang.

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai potensi ekonomi jasa pariwisata / wisata bahari total di Pangandaran Jawa Barat diestimasi per tahun sebesar Rp. 1.779.131.520.000 (*satu triliyun tujuh ratus tujuh puluh sembilan milyar seratus tiga puluh satu juta lima ratus dua puluh ribu rupiah*). Nilai ini merupakan hasil kali dari total penerimaan rata-rata dari masing-masing pelaku usaha dengan jumlah pelaku jasa pariwisata potensial yang ada di Pangandaran.

pengusaha sementara dampak negatifnya lebih banyak dirasakan oleh penduduk lokal.

Jika diasumsikan: 1) lokasi wisata di Pansela Jawa Barat terkonsentrasi di dua tempat, yaitu Pangandaran dan Palabuhanratu, 2) Nilai potensi pariwisata antar keduanya diasumsikan setara (atas dasar pertimbangan ketersediaan data), maka potensi total nilai ekonomi jasa pariwisata di Pansela Jawa Barat diestimasi sebesar Rp. 3.558.263.040.000.

Rekapitulasi Nilai Ekonomi Sumberdaya Kelautan

Berdasarkan data valuasi ekonomi untuk masing-masing komponen, maka di rekapitulasi nilai ekonomi sumberdaya kelautan yang ada di Pansela Jawa Barat seperti disajikan pada Tabel 10. Nilai total ekonomi (*total economic valuation*) dari sumberdaya kelautan yang meliputi sumberdaya hayati seperti ikan dan non ikan, sumberdaya tambak, sumberdaya padang lamun, sumberdaya terumbu karang, sumberdaya mangrove; non hayati (pasir besi) dan jasa pariwisata.

Berdasarkan data pada Tabel 10 diketahui bahwa nilai ekonomi terbesar dikontribusi oleh pasir besi. Dengan nilai yang besar ini semakin banyak menarik investor untuk mengeksploitasinya, dimana saat ini tingkat eksploitasi sudah menimbulkan beberapa dampak negatif terhadap infrastruktur (seperti jalan, irigasi, dll) serta lingkungan sehingga menimbulkan pro kontra antara penduduk lokal dan pengusaha penambang. Kondisi ini perlu segera diertibkan jangan sampai keuntungan dikeruk oleh pihak

Tabel 9. Estimasi Valuasi Ekonomi Jasa Pariwisata di Pantai Pangandaran

Kegiatan	Potensi Penerimaan (Rp/th)
1. Sewa Perahu	90.000.000
2. Water sport	108.000.000
3. Papan selancar	72.000.000
4. Penginapan	90.000.000
5. Makanan dan minuman	345.600.000
6. Olahan ikan	16.440.000
7. Pakaian	255.000.000
8. Cinderamata	18.000.000
Total penerimaan (Rp/th)	995.040.000
Valuasi ekonomi (Rp/th)	1.779.131.520.000

Sumber: Yuliriane dan Gumilar, 2012

Tabel 10. Nilai Ekonomi (Present Value) Sumberdaya Kelautan di Pansela Jawa Barat Tahun 2012 (DF 16%)
Kabupaten

	NILAI EKONOMI SUMBERDAYA KELAUTAN						
	Sumberdaya Ikan Tangkap (Rp/tahun)	Tambak (Rp/tahun)	Terumbu Karang (Rp/tahun)	Mangrove (Rp/tahun)	Lamun (Rp/tahun)	Pasir Besi (Rp/tahun)	Jasa Pariwisata (Rp/tahun)
Pangandaran		31.009.274	1.821.418.585	5.215.344.424	39.832.364.880	250.000.000.000.000	
Tasikmalaya		1.304.702	6.825.316.000	998.813.752	0	3.300.000.000.000.000	
Garut	1.345.910.309.000	6.664.973	484.228.500	1.117.354.286	6.466.293.000	0	3.558.263.040.000
Cianjur		1.160.252	0	43.903.901	0	4.000.000.000.000.000	
Sukabumi		20.586.629	8.024.358	136.102.094	68.973.792	24.400.000.000.000.000	
Total Economic Valuation (Rp/tahun)	1.345.910.309.000	60.725.829	9.138.987.443	7.511.518.456	46.367.631.672	31.950.000.000.000.000	3.558.263.040.000

Sumber: Data sekunder dan primer (diolah), 2012.

KESIMPULAN

Nilai ekonomi sumberdaya kelautan Jawa Barat selatan yang meliputi lima kabupaten yaitu Kabupaten Pangandaran, Tasikmalaya, Garut, Cianjur, Sukabumi, dapat dibagi atas sumberdaya hayati, non hayati dan jasa lingkungan sebagai berikut: Nilai Ekonomi Sumberdaya hayati, meliputi : (1) Sumberdaya Ikan Tangkap Rp.1.345.910.309.000/tahun; (2) Sumberdaya Tambak Rp.60.725.829/tahun; (3) Sumberdaya Terumbu Karang Rp.9.138.987.443/tahun; (4) Sumberdaya Mangrove Rp.7.511.518.456/tahun; (5) Sumberdaya padang lamun Rp 46.367.631.672/tahun. Sehingga total Nilai Ekonomi Present Value sumberdaya hayati di Pesisir Jawa Barat Selatan senilai Rp. 1.408.989.172.400. Nilai Ekonomi Sumberdaya non hayati cadangan pasir besi Rp. 31.950.000.000.000.000. Kemudian yang terakhir nilai ekonomi jasa pariwisata Rp 3.558.263.040.000/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEDA PROVINSI JAWA BARAT. (2007) *Rencana Arahana Pengembangan Bisnis Kelautan Jawa Barat*, Bandung.
- BAPPEDA KABUPATEN CIANJUR. (2012) *Kajian Kawasan Pertambangan di Kabupaten Cianjur Tahun Anggaran 2011*, Dokumen Kajian, Cianjur.
- DEPARTEMEN KELAUTAN DAN PERIKANAN. (2006) *Studi Potensi Ekonomi Pulau-Pulau Kecil dan Kawasan Konservasi Daerah*, Jakarta.
- DINAS PERIKANAN DAN KELAUTAN PROVINSI JAWA BARAT. (2010) *Statistik Perikanan Jawa Barat*, Bandung. Dinas Perikanan Dan Kelautan Provinsi Jawa Barat.
- (2012) *Statistik Perikanan Jawa Barat*, Bandung.
- DIREKTORAT PENGEMBANGAN POTENSI DAERAH BKPM. (2011) *Potensi Pasir Besi di Jawa Barat*, Jakarta.
- GUMILAR, I., 2010. *Strategi Pengelolaan Ekosistem Hutan Mangrove Berkelanjutan (Studi Kasus di Kabupaten Indramayu Provinsi Jawa Barat)*. Disertasi. IPB, Bogor.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Padang_lamun, diakses 23 November, 2015.
- KKP. (2010) *Data Ekosistem Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, Jakarta.
- MULYADI, P. (1991) *Evaluasi Proyek*. Liberty, Yogyakarta. Hal:204-205
- NASIR, M. (1999) *Metode Penelitian*. Ghalian Indonesia. Jakarta. Hal: 65
- SARASWATI, DEWI. 2005. *Analisis Dampak Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Pengelolaan Pasir Laut Di Kabupaten Serang*. IPB Press, Bogor. Tesis Pasca Sarjana IPB.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2002 Tentang Pemerintahan Daerah. Jakarta.
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 Tentang Kewenangan Pemerintahan Daerah. Jakarta.
- Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 Tentang Perikanan. Jakarta
- YULIRIANE DAN GUMILAR. (2012) *Kontribusi Wisata Bahari Terhadap Pendapatan Rumah Tangga Nelayan di Pantai Pangandaran, Kabupaten Ciamis Jawa Barat*. FPIK Unpad, Bandung. Skripsi.

KAJIAN STATUS HARA TANAH DAN TANAMAN DI PERKEBUNAN TEH JAWA BARAT DAN SUMATERA UTARA

STUDY OF SOIL AND PLANT NUTRIENT STATUS IN WEST JAVA AND NORTH SUMATERA TEA PLANTATION

Restu Wulansari

Pusat Penelitian Teh dan Kina
Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Kotak Pos 1013 Bandung 40010
Telp: 022-5928186 dan fax: 022-5928780
E-mail: restuwulan_sari@yahoo.com

ABSTRACT

Soil fertility in tea plantations varies according to the type of soil (fertility potential) and the levels of nutrients available in the soil (actual fertility). This study summarizes the data analysis of soil and plants in several Soil orders located on tea plantation in West Java (Andisol, Entisol and Inceptisol) 2014 and the North Sumatra (Ultisol) in 2012. West Java has great potential in the development of tea commodity because of the wide areal of tea plantation, as well as for the region of North Sumatra. The objectives of this paper is to evaluate the nutrient status of the soil and plants to determine the actual soil fertility and plant health. Soil analysis indicated low status of P, K and Mg mostly on Andisol, Inceptisol and Entisol, while on ultisol showed the high nutrient status of P and K. Low N nutrient status of leaf on Andisol and Ultisols indicate N deficiency has already begun, as well as on 4 orders of soil that leaf nutrient status of K were very low, it indicated there has been a K deficiency in plants. The result of the analysis can be helpful to determine fertilizer and crop management recommendations tea, especially tea plantations in West Java and North Sumatra.

Keywords: andisols, inceptisols, entisols, ultisols, tea planting

ABSTRAK

Kesuburan tanah pada berbagai perkebunan teh bervariasi sesuai dengan jenis tanah (kesuburan potensial) dan kadar hara yang tersedia dalam tanah (kesuburan aktual). Kajian ini merangkum data analisa tanah dan tanaman pada beberapa ordo tanah yang terletak di perkebunan teh Jawa Barat (Andisol, Entisol, dan Inceptisol) tahun 2014 dan Sumatera Utara (Ultisol) tahun 2012. Jawa Barat mempunyai potensi besar dalam pengembangan komoditas teh karena memiliki areal perkebunan teh cukup luas, begitu juga untuk wilayah Sumatera Utara. Makalah ini bertujuan mengevaluasi status hara tanah dan tanaman untuk mengetahui kesuburan tanah aktual dan kesehatan tanaman. Hasil analisa tanah menunjukkan status hara P, K dan Mg sebagian besar pada tanah Andisol, Inceptisol dan Entisol adalah rendah, sedangkan Ultisol menunjukkan hara P dan K tanah tinggi. Status hara N daun rendah pada Andisol dan Ultisol mengindikasikan sudah mulai terjadi defisiensi N, begitu juga pada 4 ordo tanah bahwa status hara K daun sangat rendah diindikasikan telah terjadi defisiensi K pada tanaman. Hasil analisa tersebut dapat membantu penentuan rekomendasi pemupukan dan pengelolaan tanaman teh khususnya perkebunan teh Jawa Barat dan Sumatera Utara.

Kata kunci: andisols, inceptisols, entisols, ultisols, tanaman teh

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian dari permukaan bumi yang mampu ditanami dan masing-masing jenis tanah mempunyai morfologi sebagai hasil pengaruh iklim, organisme tanah, bahan induk, topografi dan waktu, sehingga ditemukan tanah yang berbeda tingkat kemampuannya (Rahardjo dkk., 2008). Seiring dengan proses pembentukannya, di dalam tanah terdapat sejumlah unsur hara dengan jenis dan jumlah yang beragam. Hal ini bergantung pada jenis tanah itu sendiri, asal pembentukannya dan kandungan bahan organik yang terdapat di

dalam tanah. Segala daya upaya untuk meningkatkan produksi hanya dapat memberikan hasil jika karakteristik-karakteristik tanah masih termasuk dalam jangkaan keserasian lahan. Keserasian lahan di wilayah Jawa Barat memenuhi kriteria untuk areal penanaman teh.

Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi penghasil teh terbesar di Indonesia. Lebih dari 70 % produksi teh nasional dihasilkan dari Jawa Barat. Oleh karena itu perkebunan teh Jawa Barat mempunyai peluang dan potensi besar pengembangan komoditas teh karena mempunyai areal lahan perkebunan

teh cukup luas dan menyumbang sekitar 80 % terhadap produksi teh nasional. Namun luas areal dan produksi tanaman teh di Indonesia cenderung mengalami penurunan dari tahun ke tahun, untuk tahun 2011 seluas 123.351 ha dengan total produksi 140.94 ton. Dari total areal tersebut, diusahakan dalam bentuk Perkebunan Rakyat (PR) seluas 56.529 ha, Perkebunan Besar Negara (PBN) seluas 39.048 ha dan Perkebunan Besar Swasta (PBS) seluas 27.774 ha (Dirjenbun, 2013). Sedangkan tahun 2014 luas areal komoditas teh di Jawa Barat mencapai 93.520 ha atau 77,27% dari luas areal teh nasional (Dirjenbun, 2015). Selain Jawa Barat, perkebunan teh Sumatera Utara juga mempunyai potensi pengembangan komoditas tanaman teh.

Pada lahan perkebunan, *topsoil* merupakan modal utama yang harus dipertahankan, berkurangnya hara dan kemampuan daya ikat air akan menyebabkan berkurangnya produktivitas lahan sampai 50%, karena hilangnya tanah *topsoil* disebabkan erosi yang mengandung hara 3 kali lebih banyak dibanding lapisan di bawahnya dan bahan organik 1,5-5 kali lebih kaya dari lapisan *subsoils* (Rahardjo, dkk., 2009). Kondisi seperti ini dijumpai pada tanah Andisols dan Inceptisols, tetapi hampir tidak terjadi pada lapisan tanah yang relatif dangkal pada tanah Alfisols (Sutrisno dan Heryani, 2014), Ultisols, dan Oxisols terutama di daerah tropis, di mana unsur hara terkonsentrasi di lapisan permukaan (Obalum dkk. 2012). Selain itu, unsur hara tanah juga sangat bergantung pada biogeokimia unsur-unsur hara.

Menurut Rachmiati dan Salim (2005) menyatakan bahwa salah satu penyebab terjadinya penurunan produksi teh adalah penurunan kualitas tanah akibat kondisi tanah yang kurang mendukung, selain itu juga disebabkan adanya proses penurunan tanaman. Tanaman teh termasuk dalam tanaman tahunan yang tumbuh dalam kurun waktu lama, pertumbuhannya tanaman akan mengambil hara dari tanah secara terus menerus, akar-akarnya akan mengeksploitasi tanah disekitar tanaman hal ini akan mengakibatkan berkurangnya ketersediaan hara pada tanah. Selain itu kesehatan tanaman teh juga dapat terganggu, beberapa ciri tanaman kurang sehat dengan terjadinya kahat (defisiensi) unsur hara, daun pemeliharaan tipis dan, persentase peko dan burung dibawah standar. Oleh karena itu

diperlukan analisa tanah, analisa tanaman dan uji lapangan agar dapat mengetahui keadaan aktual di kebun dan dasar dalam menentukan dosis pemupukan yang tepat.

Beberapa penelitian telah dilakukan pada tanah dan tanaman yang berhubungan dengan budidaya teh, bahwa terdapat pengaruh antara sifat-sifat tanah serta tanaman terhadap kualitas teh yang dihasilkan. Dalam kajian ini akan dibahas status hara tanah dan tanaman yang dominan pada ordo tanah yang cocok ditanami tanaman teh yaitu Andisol, Inceptisol, Entisol dan Ultisol. Pemanfaatan status hara tanah dan tanaman dapat dijadikan informasi dasar dalam pengelolaan budidaya tanaman teh, membantu dalam penentuan rekomendasi pemupukan dan mampu mendapatkan tanaman menghasilkan (TM) yang sehat serta produksi tinggi khususnya di perkebunan teh Jawa Barat dan Sumatera Utara.

METODE

Kajian (*review*) ini merangkum data hasil analisa tanah dan tanaman yang tersedia dalam literatur yang berada di perkebunan teh Jawa Barat (Andisol, Entisol, dan Inceptisol) dan Sumatera Utara (Ultisol). Masing-masing jenis tanah tersebut mempunyai tingkat keserasian yang berbeda untuk tanaman teh. Tingkat keserasian lahan untuk tanaman teh dibedakan menjadi 3 golongan atas dasar Struktur Tanah dan Jeluk Mempan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Kajian ini dilakukan dengan membandingkan hasil survey pengambilan sampel dan analisis hara tanah dan daun secara sampling. Sampling unit masing-masing seluas 2 ha untuk setiap bloknya yang mewakili 10-15 ha. Waktu pengambilan sampel tanah dan daun untuk tanah Andisol, Inceptisol dan Entisol yaitu pada tahun 2014 dan Ultisol pada tahun 2012. Sampel tanah diambil tiap 3-4 tahun satu kali (satu daur pangkas) tergantung daur pangkas masing-masing blok kebun. Sampel tanaman diambil dari daun indung tanaman teh setiap tahunnya. Adapun lokasi pengambilan sampel tanah dan daun diambil di perkebunan teh milik PTPN yaitu PTPN VIII dan PTPN IV. Kebun-kebun milik PTPN VIII

dan PTPN IV terdiri dari beberapa jenis tanah yang terlihat pada Tabel 2 penyebaran jenis tanah di PTPN VIII (Jawa Barat) dan Tabel 3

penyebaran jenis tanah di PTPN IV (Sumatera Utara).

Tabel 1. Klasifikasi keserasian lahan untuk tanaman teh atas dasar Struktur Tanah (*Soil Structure*) dan Jeluk Mempan (*Effective Depth*)

Kelas Keserasian	Kriteria	
Serasi (<i>Suitable</i>)	1.1.	Lapisan tanah remah atau gumpal lebih dalam dari 40 cm
	1.2.	Jenis Tanah: Andisols; warna profil kelam; sangat sarang (porus); sangat gembur
Serasi Bersyarat (<i>Conditionally Suitable</i>)	2.1.	Lapisan tanah gumpal atau mampat lebih dalam dari 40 cm
	2.2.	Jenis Tanah: Inceptisols, Ultisols, Entisols; struktur remah atau gumpal & mempunyai jeluk yang lebih dangkal
Tidak Serasi (<i>Unsuitable</i>)	3.1.	Lapisan tanah mampat/jeluk mempan lebih dangkal dari 40 cm
	3.2.	Jenis tanah: Lithosol

Sumber: Darmawijaya, 1982

Tabel 2. Penyebaran jenis tanah di PTPN VIII

No.	Kebun	Jenis tanah	Kelas kemampuan lahan
1	Gedeh	Andisols	Serasi
2	Cianten	Andisols	Serasi
3	Goalpara	Andisols	Serasi
4	Sinumbra	Andisols	Serasi
5	Rancabali	Andisols	Serasi
6	Rancabolang	Andisols	Serasi
7	Pasirmalang	Andisols	Serasi
8	Kertamanah	Andisols	Serasi
9	Malabar	Andisols	Serasi
10	Purbasari	Andisols	Serasi
11	Talunsantosa	Andisols	Serasi
12	Sedep	Andisols	Serasi
13	Cisaruni	Andisols	Serasi
14	Ciater	Andisols	Serasi
15	Bukit Unggul	Andisols	Serasi
16	Parakansalak	Inceptisols	Serasi bersyarat
17	Montaya	Inceptisols	Serasi bersyarat
18	Pasir Nangka	Inceptisols	Serasi bersyarat
19	Panyairan	Inceptisols	Serasi bersyarat
20	Pangheotan/Panglejar	Andisols/Inceptisols	Serasi/Serasi bersyarat
21	Papandayan	Andisols/Inceptisols	Serasi/Serasi bersyarat
22	Dayeuhmanggung	Andisols/Inceptisols	Serasi/Serasi bersyarat
23	Gunung Mas	Andisols/Inceptisols	Serasi/Serasi bersyarat
24	Tambaksari	Andisols/Entisols	Serasi/serasi bersyarat

Sumber: Laporan Evaluasi Kesesuaian lahan PTPN VIII 2013 (Tim PPTK, 2013).

Tabel 3. Penyebaran jenis tanah di PTPN IV

No.	Kebun	Jenis tanah	Kelas kemampuan lahan
1	Sidamanik	Ultisol	Serasi bersyarat
2	Tobasari	Ultisol	Serasi bersyarat
3	Bahbutong	Ultisol	Serasi bersyarat

Sumber: Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2012 (Rachmiati dkk., 2012)

Total sampel tanah berjumlah 892 sampel yang terdiri dari: 530 sampel Andisol, 268 sampel Inceptisol, 17 sampel Entisol dan 77 sampel Ultisol. Sedang total sampel daun berjumlah 1.074 sampel. Sampel tanah dan daun dianalisis di Laboratorium Pusat Penelitian Teh dan Kina. Sampe-sampel tanah yang dianalisis meliputi C-organik, N-total, P-tersedia, K-dapat ditukar (dd) dan

Mg-dapat ditukar (dd). Sampel daun yang dianalisis meliputi N, P, K dan Mg. Hasil analisis hara tanah dan daun dikategorikan ke dalam 5 status hara yaitu, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi (Wibowo dan Vestrijden, 1976). Standar baku hara tanah dan daun dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Standar baku hara tanah

Jenis Hara	Sangat Rendah (SR)	Rendah (R)	Sedang (S)	Tinggi (T)	Sangat Tinggi (ST)
pH (H ₂ O)	< 4.0	4.0 - 4.5	4.5 - 5.5	5.5 - 6.0	> 6.0
C-organik (%)	< 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 5.0	5.0 - 8.0	> 8.0
N-total (%)	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 0.8	> 0.8
P ₂ O ₅ (ppm)	< 4.0	4 - 9	9 - 22	22 - 40	> 40
K (m.e/100g)	< 0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	> 1.5
Mg (m.e/100g)	< 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	> 2.0
Ca (m.e/100g)	< 2.5	2.5 - 5.0	5.0 - 7.5	7.5 - 10.0	> 10.0
Zn (ppm)	< 2.0	2 - 4	4 - 8	8 - 12	> 12

Sumber: Rachmiati, dkk., 2013

Tabel 5. Standar baku hara daun indung teh

Jenis hara	Sangat Rendah (SR)	Rendah (R)	Sedang (S)	Tinggi (T)	Sangat Tinggi (ST)
N (%)	< 2.90	2.90 - 3.10	3.10 - 3.50	3.50 - 3.70	> 3.70
P (%)	< 0.14	0.15 - 0.18	0.18 - 0.21	0.21 - 0.25	> 0.25
K (%)	< 1.00	1.00 - 1.25	1.25 - 1.50	1.50 - 1.75	> 1.75
Mg (%)	< 0.20	0.20 - 0.22	0.22 - 0.25	0.25 - 0.27	> 0.27
S (%)	< 0.20	0.20 - 0.23	0.23 - 0.26	0.26 - 0.29	> 0.29
Zn (ppm)	< 10	10 - 20	20 - 50	50 - 70	> 70

Sumber: Rachmiati, dkk., 2013

Penggolongan hasil analisis hara tanah dan daun menggunakan persentase (%) status hara dominan Contohnya pada % status hara tanah dominan (Tabel 6) pada Tanah Andisol di Kebun Cianten, status C-org = 59-T artinya 59% dominan tinggi status hara C-organik. Nilai status hara tanah dominan pada empat ordo (Andisol, Inceptisol, Entisol, dan Ultisol) ditampilkan pada Tabel 6, 7, 8 dan 9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Status Hara Tanah Pada Beberapa Ordo Tanah

1. Andisol

Andisols merupakan tanah yang berwarna hitam kelam, sangat porous, mengandung bahan organik dan liat amorf, terutama alofan serta sedikit silika dan alumina atau hidroksida besi (Darmawijaya, 1990). Menurut Munir (1995) Andisols berasal dari bahan induk abu vulkanik, yang banyak mengandung gelas vulkanik yang amorf, sedikit feldspar, dan sejumlah kuarsa. Abu vulkan yang berasal dari gunung api di Indonesia umumnya bersifat andesitik

sampai basalt sehingga banyak mengandung basa-basa dan unsur hara mikro (Hardjowigeno, 1993). Secara umum sifat Andisols yang kaya dengan alofan dicirikan oleh lapisan atas gembur, terdapat lapisan permukaan yang terdiri dari senyawa-senyawa humik yang tahan terhadap dekomposisi mikroorganisme, dan cenderung mempunyai retensi P yang tinggi (Hardjowigeno, 1993). Selain itu, ciri morfologi Andisols mempunyai struktur remah lebih dari 40 cm dengan konsistensi gembur, pH 4,5-6,0, mengandung bahan organik 2%-8%, memiliki daya pengikatan air sangat tinggi, jumlah makropori banyak menyebabkan permeabilitas sangat tinggi, dan termasuk dalam ordo I yang serasi bagi tanaman teh (Darmawijaya, 1982). Sifat fisik khas lain dari Andisols yaitu terdapat sifat *thixotropic*. Bila tanah ini ditekan di antara ibu jari dan telunjuk (dipirit) terasa seperti mempunyai lapisan lilin atau berminyak sehingga terasa licin. Sifat *thixotropic* ini juga

Tabel 6. Status Hara Tanah Dominan Pada Andisols Lingkup PTPN VIII.

Jenis Tanah	Kebun	% Status Hara Tanah Dominan				
		C-org	N-Total	P ₂ O ₅	K-dd	Mg-dd
Andisols	Cianten	59-T	62-T	97 R	26-SR	88-SR
	Gedeh	58-S	36-T	98-SR	82-SR	52-SR
	Goal Para	60-T	42-T	100-SR	35-ST	84-SR
	Ciater	63-S	83-T	100-SR	73-SR	97-SR
	Kertamanah	71-T	79-T	92-SR	33-SR	75-SR
	Pasir Malang	62-T	44-T	71-SR	38-S	62-SR
	Malabar	64-T	64-T	53-SR	33-ST	71-SR
	Purbasari	100-T	61-ST	89-SR	39-ST	61-SR
	Talsan	54-T	62-T	69-SR	42-S	62-SR
	Sedep	47-T	78-T	75-SR	34-S	63-SR
	Rancabolang	76-T	88-ST	100-SR	32-T	52-R
	Rancabali	49-T	37-ST	94-SR	37-ST	69-SR
	Sinumbra	50-T	39-S	50-R	42-S	42-R
	Cisaruni	26-T	49-T	94-SR	49-SR	69-SR
	Rata-rata	60-T	51 T	82 SR	33 SR	71 SR

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2014)

menjadi salah satu faktor penyebab seringnya terjadi tanah longsor (*landslide*) di Andisols (Prasetyo, 2005), dan terdapat lapisan kedap air berupa tanah atau batuan di bawah tanah tersebut (van Wambeke, 1992).

Ketersediaan bahan organik bergantung pada jenis tanah dan asal pembentukan tanah tersebut (Rahardjo *et al*, 2010). Andisols merupakan tanah yang mengandung bahan organik cukup tinggi sehingga tanah tersebut cukup baik dalam penyediaan Nitrogen bagi tanaman. Hal ini didukung dengan hasil analisis tanah di kebun lingkup PTPN VIII (Tabel 6), bahwa Andisols mempunyai rata-rata status bahan organik 60% tinggi yang diikuti dengan status hara N tinggi sebesar 51%. Sedangkan untuk status hara P di Andisols berkisar rendah hingga sangat rendah dengan rata-rata 82%. Menurut hasil penelitian Salim (2006), Andisols mempunyai ketersediaan P rendah disebabkan oleh fiksasi P. Andisols yang memiliki kandungan Aluminium dan kadar alofan (amorf) nya sangat tinggi menyebabkan pupuk P yang sudah tersedia menjadi tidak tersedia karena berubah menjadi bentuk Al-P. Menurut Rachmiati, dkk. (2013) menyatakan bahwa salah satu upaya untuk mengatasi fiksasi P oleh Al adalah dengan pemberian bahan organik dan penambahan mikroba pelarut P yang diberikan pada sekitar pohon bersamaan dengan pupuk P (diberikan sekitar daerah perakaran aktif tanaman). Di kebun teh

bahan organik dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk seresah guguran pohon naungan, pangkasan, guguran perdu teh dan gulma.

Menurut Darmawijaya (1982), Andisols kurang mengandung zat hara tanaman, kapur dan Magnesium karena tercuci hebat, hal tersebut dibuktikan pada rata-rata status hara Mg dan K yang dominan sangat rendah yaitu sebesar 71% dan 33%. Ketersediaan Mg dalam tanah yang sangat rendah, dapat dilakukan pemberian mulsa setebal 5 cm mampu memperbaiki ketersediaan Mg di dalam tanah (Wibowo, 1982) dan pemupukan Mg memberikan pengaruh nyata pada tanah-tanah berkadar Mg rendah.

2. Inceptisols

Inceptisols termasuk ke dalam ordo II (serasi bersyarat) untuk tanaman teh karena mempunyai struktur remah atau gumpal pada kedalaman lebih dari 40 cm dan mempunyai jeluk yang lebih dangkal. Inceptisols merupakan ordo tanah dengan perkembangan profil yang lebih lemah dibanding dengan tanah Andisols dan Entisols serta masih menyerupai sifat bahan induknya (Hardjowigeno, 1993). Di Indonesia, Inceptisols umumnya berkembang dari bahan induk vulkanik, baik tuff maupun batuan beku, dan ada pula dari batuan sedimen dan metamorf. Tanah Inceptisols didominasi oleh mineral liat kaolinit (1:1). Tingkat pelapukan bahan organik yang tinggi

Tabel 7. Status Hara Tanah Dominan Pada Inceptisols Lingkup PTPN VIII.

		% Status Hara Tanah Dominan				
Jenis Tanah	Kebun	C-org	N-Total	P ₂ O ₅	K-dd	Mg-dd
Inceptisols		92-R				
	Parakansalak		83-R	42-R	47-ST	83-SR
		47-S				
	Ps. Nangka		64-S	60-SR	51-R	47-SR
		73-R				
	Panyairan		66-R	32-R	46-ST	59-SR
		85-R				
	Montaya		74-R	41-R	56-S	38-ST
		77-R				
	Panglejar		93-R	42-SR	56-S	81-SR
		75-R				
	Rata-rata		62 R	44 SR	42 S	60 SR

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2014)

dan bahan induk yang miskin menyebabkan kadar C-organik dan hara N, P, K tanah rendah (Nursyamsi *dkk.*, 2002). Kesuburan tanah inceptisol rendah, jeluk efektif beragam dari dangkal hingga dalam (Munir, 1995).

Tanah Inceptisol terdapat di kebun PTPN VIII antara lain kebun Parakansalak, Ps. Nangka, Panyairan, Montaya, dan Panglejar. Berdasarkan hasil status hara tanah pada kandungan C-organik (75%) dan N tanah (62%) yang dominan rendah (Tabel 7). Hal ini sesuai dengan sifat Inceptisols yang telah mengalami pelapukan yang intensif dan perkembangan tanah lanjut, sehingga terjadi pelindian unsur basa dan bahan organik (Darmawijaya, 1990). Menurut Rachmiati *dkk.*, (2013) menyatakan bahwa penambahan bahan organik dapat berupa seresah pangkas selama 1 daur pangkas. Saat ini rata-rata seresah pangkas adalah 30-40 ton basah/ha/daur pangkas. Dosis rata-rata 7.5-10 ton/ha/th untuk yang daur pangkas 4 tahun.

Berdasarkan status hara P dan Mg tanah Inceptisol yang dominan adalah sangat rendah yaitu sebesar 44% dan 60%. Hara P tanah Inceptisols adalah sangat rendah karena mempunyai kandungan Al dan Fe sangat tinggi sehingga dapat memfiksasi P yang menyebabkan pupuk P menjadi tidak tersedia karena menjadi bentuk Al-P dan Fe-P (Rachmiati *dkk.*, 2013). Pada status hara K tanah menunjukkan status sedang yaitu sebesar 42% merupakan status tanah yang cukup baik. Namun apabila melihat status hara daunnya yang sangat rendah kemungkinan jumlah pupuk yang diberikan kurang atau penyerapannya tidak efisien karena bahan organik tanahnya rendah dan sedang.

3. Entisols

Entisols merupakan tanah baru berkembang dan banyak dijumpai pada tanah dengan

bahan induk yang sangat beragam, baik dari jenis, sifat maupun asalnya. Tanah ini termasuk dalam kelas serasi bersyarat (ordo II) untuk tanaman teh. Proses pembentukan tanah-tanah muda seperti Entisols (Regosol, Aluvial) berupa proses pelapukan bahan organik dan bahan mineral di permukaan tanah. Sifat tanah ini masih didominasi oleh bahan induknya (Munir, 1995). Potensi tanah yang berasal dari abu vulkan ini kaya akan hara tetapi belum tersedia, pelapukan akan dipercepat bila terdapat cukup aktivitas bahan organik sebagai penyedia asam-asam organik (Utami dan Handayani, 2003). Menurut Sumarno *dkk.*, (2001) menyatakan bahwa pada tanah ini belum siap untuk diserap tanaman karena belum mengalami pelapukan sehingga faktor-faktor yang membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah pada rendahnya kemampuan tanah untuk menahan air. Entisol mempunyai struktur tanah granuler atau remah, konsistensi gembur dan pH 6-7.

Kebun yang memiliki jenis tanah Entisols adalah kebun Afdeling Tambaksari. Dapat dilihat dari Tabel 8, bahwa status bahan organik pada Entisols adalah sedang dan hara N tanah dominan sangat tinggi yaitu 80%, hara P dan K tanah dominan sangat rendah yaitu sebesar 100% untuk hara P, 40% sangat rendah untuk hara K dan hara Mg rendah 40%. Hal ini didukung oleh pernyataan Sumarno *dkk.*, (2001) menyatakan bahwa pada tanah ini umumnya kekurangan unsur P dan K sebab pada kedua unsur tersebut masih segar dan belum tersedia bagi tanaman. Selain itu, berdasarkan hasil survey tanah Darmawijaya (1982), sifat kimia Entisols secara umum mempunyai reaksi tanah agak masam hingga masam, bahan organik dan N tinggi, kadar P_2O_5 dan K_2O berkisar rendah hingga sangat rendah, dan memiliki cadangan mineral sedang hingga tinggi.

Tabel 8. Status Hara Tanah Dominan Pada Entisols Lingkup PTPN VIII.

Jenis Tanah	Kebun	% Status Hara Tanah Dominan				
		C-org	N-Total	P_2O_5	K-dd	Mg-dd
Entisols	Afd. Tambaksari	60-S	80 ST	100 SR	42 SR	40 R

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN VIII 2014 (Rachmiati *dkk.*, 2014)

Berdasarkan hasil penelitian Utami dan Handayani (2003), mengemukakan bahwa penerapan sistem pertanian organik yaitu melalui pemberian bahan organik (hayati) secara nyata dapat memperbaiki sifat kimia tanah dengan peningkatan P tersedia, N total, K tersedia, kandungan karbon, asam humat, asam fulfat dan menjaga kestabilan pH tanah.

4. Ultisols

Ultisols merupakan tanah mineral yang memiliki horison argilik atau kandik atau fragipan dengan lapisan liat tebal dengan kejenuhan basa <35% (Fanning dan Fanning, 1989). Tanah Ultisols banyak ditemukan pada wilayah dengan curah hujan yang tinggi dan pelapukan intensif, basa-basa yang ada di dalamnya banyak mengalami pencucian dan terjadi iluviasi liat di lapisan bawah (Gito, 2012). Hal ini menyebabkan Ultisols mempunyai kejenuhan basa rendah, kadar mineral lapuk sangat rendah (Munir, 1995), jumlah basa-basa dapat ditukar tergolong rendah hingga sedang dengan kompleks adsorpsi didominasi oleh Al, dan hanya sedikit mengandung kation Ca dan Mg (Subagyo dkk., 2000). Menurut Notohadiprawiro (1986), tanah Ultisols miskin secara kimia maupun fisika dengan adanya horison B argilik yang membatasi penetrasi akar tanaman dan pertumbuhan. Selain itu, Ultisols memiliki kendala kemasaman tanah dengan pH 4,1-5,5, kandungan nitrogen rendah dan sangat peka terhadap erosi.

Tanah Ultisols termasuk ke dalam ordo tanah serasi bersyarat bagi tanaman teh karena mempunyai struktur remah atau gumpal dan mempunyai jeluk yang lebih dangkal.

Kelebihan jenis tanah Ultisol di daerah Simalungun, Sumatera Utara dan sekitarnya adanya pembentukan tuff vulkanik, yaitu batuan porous yang berlapis-lapis terdiri dari akumulasi scoria dan abu di sekitar gunung berapi yang terikat bersama membentuk suatu masa padat (Sarwono, 1985) dan melalui tahap terbentuknya mineral alofan yang menyerupai karakteristik seperti pada jenis tanah Andisols.

Tanah Ultisols terdapat di kebun PTPN IV antara lain kebun Sidamanik, Tobasari dan Bahbutong. Berdasarkan hasil analisa tanah tahun 2012 (Tabel 9), diperoleh kesuburan tanah aktual Ultisols dengan status unsur hara N tanah dominan 82% sedang, hara P tanah dominan 79% sangat tinggi, unsur Mg dan K bersifat antagonis dimana unsur Mg mempunyai 90% dominan sangat rendah dan unsur K tanah dominan 53% tinggi. Hal ini sesuai dengan hukum minimum Liebig yang menyatakan bahwa tanaman dibatasi oleh jumlah unsur hara minimum yang diberikan, dalam hal ini unsur Mg menjadi faktor pembatas pertumbuhan. Menurut Pasaribu (1990) sering timbulnya gejala kahat Mg pada tanaman teh di daerah Sumatera Utara, disamping proses pencucian Mg dalam pembentukan tanah sangat kuat yang menyebabkan rendahnya kandungan Mg dalam tanah, dan tersedianya K yang berlebihan (Mengel dan Kirkby, 1978). Selain itu dalam pernyataan Pasaribu (1990) bahwa kandungan Mg dalam daun teh menurun dengan meningkatnya dosis pemupukan K yang diberikan melalui tanah dan peningkatan kandungan Mg tanah akan mendorong penyerapan K oleh daun tanaman teh.

Tabel 9. Status Hara Tanah Dominan Pada Ultisols Lingkup PTPN IV.

Jenis Tanah	Kebun	% Status Hara Tanah Dominan				
		C-org	N-Total	P ₂ O ₅	K-dd	Mg-dd
Ultisols	Sidamanik	62-S	78 S	97 T	51 T	100 R
	Tobasari	68-S	92 S	92 T	62 S	100 R
	Bahbutong	85-S	81 S	96 T	89 T	100 T
	Rata-rata	71-S	82 S	79 ST	53 T	90 SR
Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2012 (Rachmiati dkk., 2012)						

B. Status Hara Daun Pada Beberapa Ordo Tanah

1. Nitrogen (N)

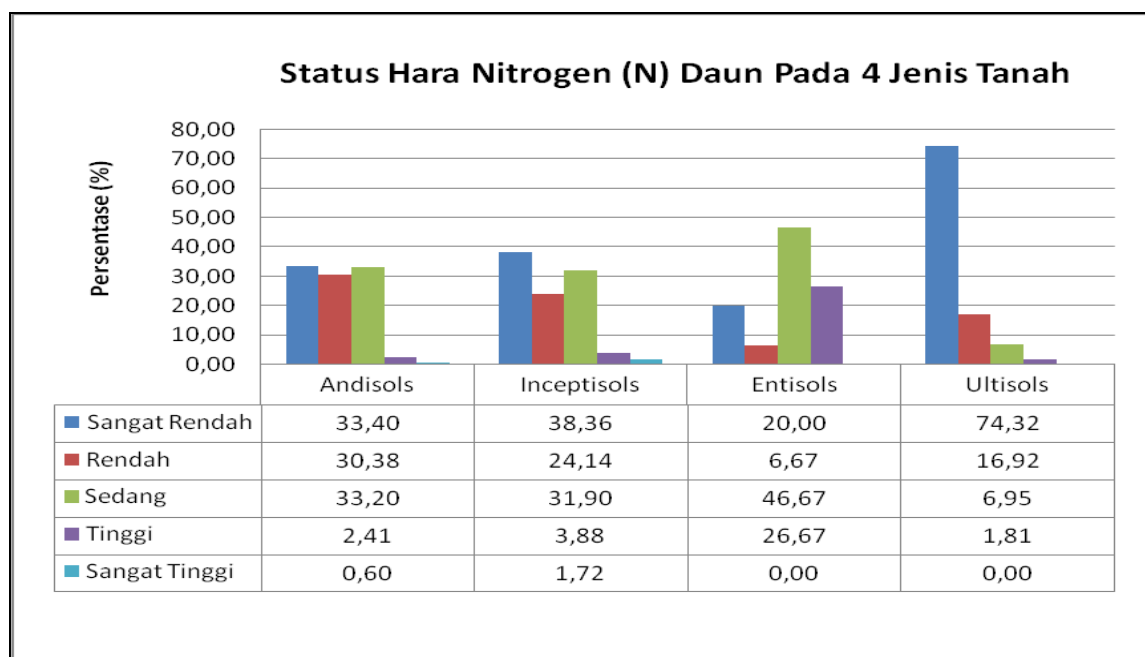
Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi tanaman teh karena pada tanaman teh yang dipanen adalah daun pucuknya, sehingga kebutuhan akan nitrogen cukup besar. Dalam suatu tanaman, nitrogen berfungsi sebagai penyusun penting dari klorofil, protoplasma, protein, meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan semua jaringan (Barchia, 2009). Menurut Munawar (2011) mengemukakan bahwa Nitrogen menyusun sekitar 40 % - 50 % bobot kering protoplasma atau bahan hidup sel tanaman. Oleh karena itu, nitrogen dibutuhkan dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan senyawa lain bagi tanaman.

Penggolongan status hara daun berdasarkan status baku hara daun indung pada Tabel 5 dan Gambar 1, yaitu Andisols memiliki hara N daun dominan sebesar 33% sedang, hara N daun Inceptisols dominan 39% sangat rendah, hara N daun di Entisols dominan 47% sedang dan Ultisols hara N daun dominan 74% sangat rendah. Tanah Ultisols tergolong masam, sehingga jumlah penguapan urea berkisar 10%. Umumnya akan tampak pucat kadar N berkurang dengan makin tua umur tanaman. Praktis

tidak ada cadangan unsur hara N, sehingga kekurangan N akan segera terlihat sangat cepat dalam organ-organ tubuh yang sedang giat bekerja. Hal ini didukung dengan pernyataan (Martin and Prevel, 1981) bahwa ciri klasik gejala kurangnya unsur N daun adalah daun tampak pucat.

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi tanaman teh karena pada tanaman teh yang dipanen adalah daun pucuknya, sehingga kebutuhan akan nitrogen cukup besar. Dalam suatu tanaman, nitrogen berfungsi sebagai penyusun penting dari klorofil, protoplasma, protein, meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan semua jaringan (Barchia, 2009). Menurut Munawar (2011) mengemukakan bahwa Nitrogen menyusun sekitar 40 % - 50 % bobot kering protoplasma atau bahan hidup sel tanaman. Oleh karena itu, nitrogen dibutuhkan dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan senyawa lain bagi tanaman.

Penggolongan status hara daun berdasarkan status baku hara daun indung pada Tabel 5 dan Gambar 1, yaitu Andisols memiliki hara N daun dominan sebesar 33% sedang, hara



Gambar 1. Status Hara Nitrogen (N) Daun Pada 4 Jenis Tanah

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2008 (Rachmiati dkk., 2008) dan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2014)

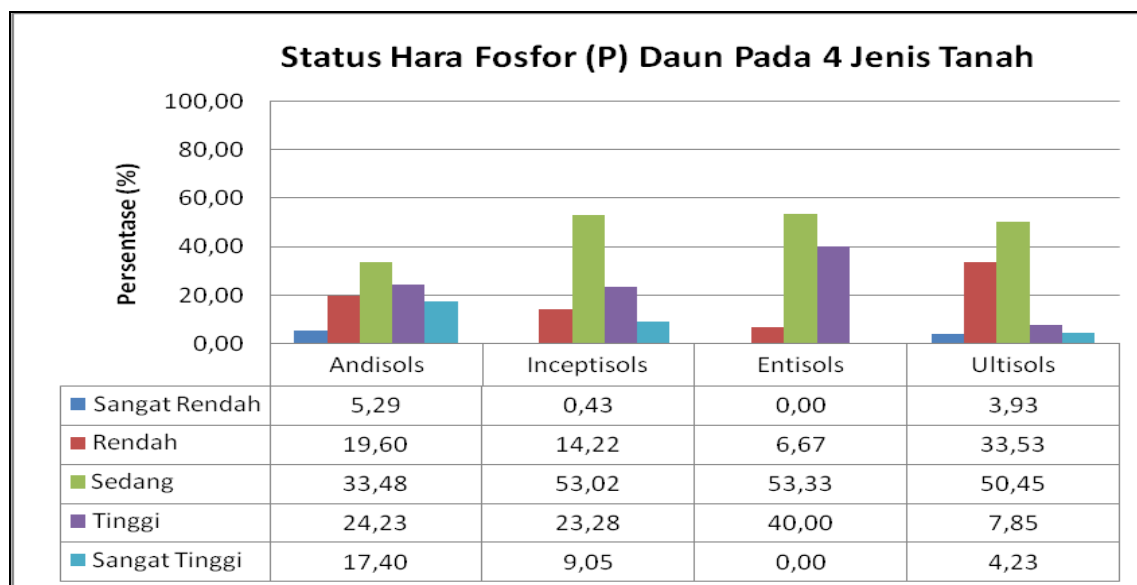
N daun Inceptisols dominan 39% sangat rendah, hara N daun di Entisols dominan 47% sedang dan Ultisols hara N daun dominan 74% sangat rendah. Tanah Ultisols tergolong masam, sehingga jumlah penguapan urea berkisar 10%. Umumnya akan tampak pucat kadar N berkurang dengan makin tua umur tanaman. Praktis tidak ada cadangan unsur hara N, sehingga kekurangan N akan segera terlihat sangat cepat dalam organ-organ tubuh yang sedang giat bekerja. Hal ini didukung dengan pernyataan (Martin and Prevel, 1981) bahwa ciri klasik gejala kurangnya unsur N daun adalah daun tampak pucat.

Menurut Cooke (1974), menyatakan bahwa gejala kekahatan (*deficiency*) hara pada tanah dan tanaman dapat menunjukkan kekurangan unsur hara tertentu yang dikandung tanaman. Kadar N dalam daun indung pada gejala awal = 2,90% dan gejala lanjut = <2,90%. Gejala kekahatan N terlihat nyata pada daun muda atau pucuk berwarna kuning pucat (*pale*) merata diseluruh lembar daun, tangkai daun serta bagian cabang termuda. Akibat adanya defisiensi hara N menyebabkan tumbuhnya pucuk burung, pertumbuhannya akan melambat, sehingga produksi teh sangat menurun (Rachmiati dkk., 2013). Menurut hasil penelitian Wibowo (1990) pemberian mulsa pangkasan seberat 60 ton/ha terbukti dapat meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk N sebesar 9,2% dan pupuk fosfor (P). Hara N yang berasal

dari tanah sebagai hasil proses mineralisasi tidak dapat menopang pertumbuhan tanaman secara optimal, sehingga diperlukan tambahan hara dari pupuk. Respon tanaman terhadap pupuk N akan tergantung kepada kondisi tanah, keadaan iklim, dan juga ketersediaan N dan hara lainnya. Selain itu, penggunaan PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) dilaporkan dapat meningkatkan fiksasi nitrogen, dan mampu menyediakan unsur hara lain seperti fosfor, besi, dapat sebagai pengendalian hama serangga (Saharan and Nehra, 2011). Tingkat pemupukan Nitrogen berpengaruh pada kadar Fosfor dan Kalium dalam daun tua. Tetapi tidak berpengaruh pada kadar Magnesium dalam daun tua.

2. Fosfor (P)

Setelah nitrogen, unsur hara kedua yang dibutuhkan tanaman teh adalah fosfor. Hara ini berfungsi sebagai penyusun fosfatida, asam amino tertentu, pertumbuhan meristem, merangsang pertumbuhan akar, perkembangan biji dan buah, dan merangsang pembungaan (Rachmiati dkk., 2013). Bentuk ketersediaan fosfat ini sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Pada tanah-tanah tanaman teh yang tergolong masam mempunyai daya fiksasi (pengikat) fosfat sangat kuat, sehingga pupuk yang diberikan tidak dapat langsung tersedia bagi tanaman. P dapat diserap tanaman apabila tanah



Gambar 2. Status Hara Fosfor (P) Daun Pada 4 Jenis Tanah

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2008 (Rachmiati dkk., 2008) dan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2014)

sudah jenuh, sebagaimana hasil penelitian bahwa kenaikan produksi dapat dicapai sampai 25% tergantung dosis aplikasi fosfat dan bukan dosis per tahun pemupukan fosfatnya.

Pada Gambar 2, secara keseluruhan status hara P daun dari lingkup Kebun PTPN IV dan PTPN VIII adalah berada pada status sedang, yaitu 33% pada Andisols, 53% pada Entisols dan Inceptisols serta 51% pada Ultisols. Bila tanaman sudah dibawah batas normal akan menampilkan gejala awal kekahatan fosfor (P) yaitu terlihat pada daun-daun tua pertama di permukaan bidang petik berwarna hijau gelap dan nampaknya juga pada daun yang berwarna violet karena rusak sel-sel daging daunnya (*nekrosis*) yang berbentuk membulat atau tidak teratur. Bagian daun yang telah mati kemudian berubah warna dari violet ke coklat tua yang mengering. Pada gejala yang lanjut daun-daun tua mulai rontok dengan ukuran yang mengecil dibanding ukuran normalnya (Rachmiati dkk.,2013). Pada musim kemarau tanaman cepat mengalami defisiensi P karena permukaan tanah kering yang mengakibatkan akar tanaman banyak yang mati (Tim PPTK, 2009).

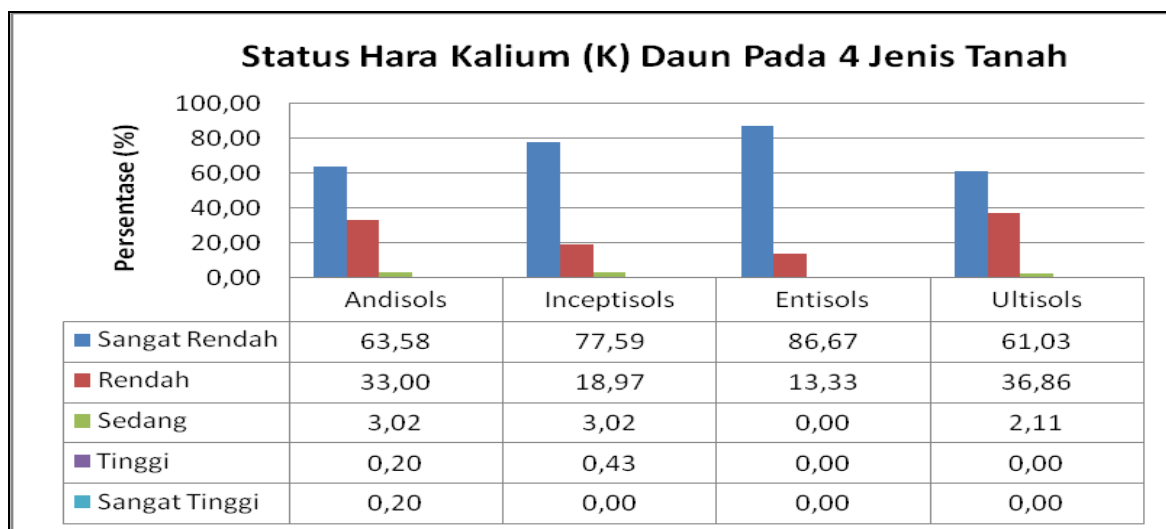
Tanaman teh menyukai tanah masam dengan pH 4,2-5,6, sedangkan unsur P yang tersedia dan mudah diserap pada pH sekitar 6. Pada pH rendah, mobilitas P dipengaruhi unsur Al, yang berperan dalam aktivitas pertumbuhan tanaman teh. Berdasarkan penelitian Sanyal (1993), dalam proses

fiksasi ini, ion-ion P diadsorbsi oleh hidroksida Al amorf yang ada di antara lapisan silikat atau mineral alumina osilikat karena terjadi pertukaran dengan gugus hidroksida pada permukaan liat. Keadaan P total tinggi diperkirakan menyebabkan tingginya potensi pertumbuhan pucuk teh.

3. Kalium (K)

Kalium merupakan unsur ketiga yang dibutuhkan tanaman berfungsi sebagai *activator enzim*, dapat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit. Akibat langsung kekurangan kalium adalah berbatang lemah dan mudah rubuh. Pada gejala awal defisiensi K terlihat pada perdu-perdu berdaun lebar, cabang-cabang tumbuhnya mengecil cenderung kearah atas serta banyak ditumbuhi *lecheness* yang berwarna putih. Gejala yang jelas pada daun tua yang mengalami kematian sepanjang keliling dibagian daging daunnya, dan warna keputihan seperti abu rokok. Gejala lanjut kekahatan kalium (K) berupa rontoknya hampir semua daun tua sehingga perdu-perdu nampak berdaun penyangga jarang dan tipis. Kadar K dalam daun indung pada gejala awal 1.0% dan gejala lanjut <0.7% (Rachmiati dkk., 2013).

Unsur hara K daun (Gambar 3) yang terdapat dari beberapa jenis tanah menunjukkan hasil sebagai berikut: pada semua jenis tanah menunjukkan status hara K daun sangat rendah yaitu sebesar 64%, 78%, 87% dan 61%. Berdasarkan hasil analisa tanaman



Gambar 3. Status Hara Kalium (K) Daun Pada 4 Jenis Tanah

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2008 (Rachmiati dkk., 2008) dan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2014)

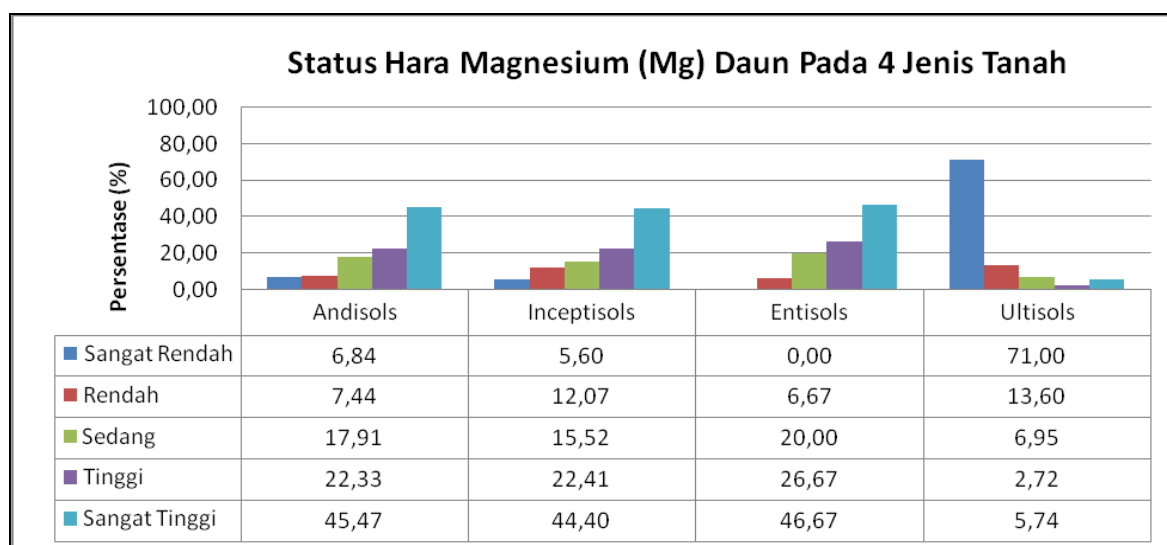
pada berbagai jenis tanah, kecuali pada Ultisols unsur hara K dan Mg mempunyai sifat antagonisme dimana unsur Mg berstatus sangat tinggi namun unsur hara K berstatus sangat rendah. Hal ini dikemukakan oleh Darmawijaya (1980) bahwa penyerapan magnesium (Mg) oleh tanaman akan berkurang jika kadar K-tertukar (*exchangeable potassium percent*) meningkat.

Pada tanah Ultisol kendala yang sering terjadi adalah kekahatan K, masalah tersebut erat kaitannya dengan bahan induk tanah yang miskin K, hara kalium yang mudah tercuci karena KTK tanah rendah dan curah hujan tinggi sehingga K banyak yang tercuci (Nursyamsi, 2006). Sesuai hukum minimum *Liebig* unsur K menjadi faktor pembatas pertumbuhan, kebutuhan hara K daun sangat kurang dan tidak mencukupi kebutuhan tanaman dalam melakukan metabolismenya (Pranoto, 2010). Pemupukan K dapat meningkatkan produksi teh oleh pemupukan N jika pH tanah 4,9 atau kurang (Darmawijaya, 1980). Keseimbangan hara K dan Mg karena hara Mg merupakan inti klorofil yang merupakan zat aktif tempat terjadinya fotosintesis pada daun. Pemberian Nitrogen yang berlebihan akan menghambat penyerapan Kalium oleh tanaman, sedangkan pemberian Kalium terlalu banyak akan menekan produksi (Rachmiati, 2011).

4. Magnesium (Mg)

Magnesium berfungsi sebagai unsur kunci dalam pembentukan *klorofil* tanpa unsur tersebut fotosintesa tidak akan terjadi berarti juga berkurangnya pembentukan pucuk. Peran fisiologis Mg adalah berupa bagian penting dari organel kunci dalam sintesa protein dan pusat struktur molekul zat-zat warna tanaman seperti klorofil berperan sebagai aktivator (proses katalisator) beberapa enzim terutama dalam metabolisme karbohidrat, transfer fosfat dan decarbonatase (Rachmiati dkk., 2012).

Berdasarkan hasil analisa tanaman tahun 2013 (Gambar 4) diperoleh hasil bahwa pada Andisols, Inceptisols, dan Entisols mempunyai status hara magnesium (Mg) sangat tinggi yaitu sebesar 46%, 44%, dan 47%. Soepardi (1983) pernah melaporkan bahwa makin halus tekstur tanah, makin baik pelepasan Mg tersedia. Pada Ultisols mempunyai status hara Mg sangat rendah yaitu 97%. Hal ini menampilkan gejala defisiensi Mg yang merata disemua blok kebun baik pada tanaman muda ataupun tanaman tua. Kekurangan magnesium menyebabkan tanaman lemah terhadap serangan jamur, menyebabkan *chlorotic* pada daun kalau sudah parah jaringan mungkin kering dan mati. Menurut Pasaribu (1990) timbulnya gejala kahat Mg yang jelas tidak selalu disebabkan rendahnya



Gambar 4. Status Hara Magnesium (Mg) Daun Pada 4 Jenis Tanah

Sumber : Rekomendasi Pemupukan PTPN IV 2008 (Rachmiati dkk., 2008) dan PTPN VIII 2014 (Rachmiati dkk., 2011)

kandungan Mg dalam tanah, namun dapat juga disebabkan kelebihan K dalam tanah. Kehatan Mg dapat pula disebabkan kelebihan Mn pada tanah-tanah vulkanis asam. Gejala dini dari kekahatan Mg adalah mengerasnya daging daun diikuti dengan pertumbuhan ke atas. Apabila daun-daun itu diremas dengan tangan, timbul suara seperti meremas daun-daun kering. Kekahatan magnesium yang lanjut ditunjukkan oleh rontoknya daun-daun tua apabila terjadi goncangan perdu, baik oleh angin maupun pemetikan. Namun perlu diperhatikan, jika pemupukan N yang lebih tinggi, dapat mengakibatkan turunnya kadar Magnesium dalam daun.

KESIMPULAN

Dari kajian ini dapat diperoleh informasi status hara tanah dan tanaman serta karakteristik tanah yang menyebar di suatu wilayah sehingga dapat membantu penentuan rekomendasi pemupukan dan pengelolaan tanaman teh khususnya di perkebunan teh Jawa Barat dan Sumatera Utara.

Jenis tanah untuk tanaman teh yang sesuai di Indonesia terdiri dari 4 ordo yaitu Andisols, Inceptisols, Ultisols dan Entisols dengan status hara tanah (kesuburan aktual) yang berbeda sehingga dalam pengelolaan tanahnya pun berbeda. Berdasarkan hasil analisa tanah, menunjukkan status hara P, K dan Mg sebagian besar pada tanah Andisol, Inceptisol dan Entisol adalah rendah, sedangkan pada tanah Ultisol menunjukkan hara P dan K tanah tinggi. Salah satu solusi dalam mengatasi rendahnya hara dalam tanah dengan pemberian bahan organik dan penambahan mikroba pelarut P yang diberikan pada sekitar pohon (diberikan sekitar daerah perakaran aktif tanaman). Di kebun teh bahan organik dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk seresah guguran pohon naungan, pangkasan, guguran perdu teh dan gulma.

Secara umum pada status hara daun, Andisol dan Ultisol mempunyai status hara N daun rendah yang menunjukkan sudah mulai terjadi defisiensi N, begitupula status hara K daun pada semua jenis tanah sangat rendah artinya telah terjadi defisiensi K pada tanaman. Oleh karena itu perlu diberikan

pemupukan hara N dan K daun, namun perlu diperhatikan jika pemupukan N berlebihan, dapat mengakibatkan turunnya kadar Magnesium dalam daun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Karyudi dan Ir. Yati Rachmiati, M. P yang telah memberikan saran dan masukan serta Tim Rekomendasi Pemupukan PPTK Gambung.

DAFTAR PUSTAKA

- COOKE, G. M. (1974). *Fertilizing For Maxim Yield: The Response of Crops to Fertilizers*. ELBS ed. London.
- DARMAWIJAYA, M. I. (1990). *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- DARMAWIJAYA, M. I. (1982). *Klasifikasi Kecerahan Tanah Teh di Indonesia. Prosiding Simposium Teh IV*, Semarang Vol 1. 249-264.
- DARMAWIJAYA, M. I. (1980). *Klasifikasi keserasian tanah bagi tanaman teh di Indonesia*. Disertasi. Yogyakarta: Universitas Gadjah mada (Tidak dipublikasikan).
- DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN KEMENTERIAN PERTANIAN. (2013). *Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Rempah dan Penyegar. Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Teh Tahun 2013*.
- DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN. (2015). *Membangkitkan Kejayaan Teh Indonesia*. Available online at: <http://ditjenbun.pertanian.go.id/berita-376-membangkitkan-kejayaan-teh-indonesia.html> (diakses tanggal 19 Mei 2015).
- GITO, SUBOWO. (2012). *Pemberdayaan sumderdaya hayati tanah untuk rehabilitasi tanah Ultisol terdegradasi. Jurnal Sumberdaya Lahan Vol 6 (2),p.79-88*.
- HARDJOWIGENO, S. (1993). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akedemika Pressindo.

- MARTIN and PREVEL, P. (1981). The role of the nutrient elements in plants. *Potash Review*, Subject 3, No. 1, p.1-9.
- MUNAWAR, A. (2011). *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- MUNIR, M. (1995). *Tanah-Tanah Utama Indonesia*. Pustaka Jaya. Malang
- NOTOHADIPRAWIRO, TEJOYUWONO. (1986). *Tanah Estuarin, Watak - Sifat – Kelakuan - dan Kesuburannya*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- NURSYAMSI, D. (2006). Kebutuhan hara kalium tanaman kedelai di tanah Ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol VI (2).
- NURSYAMSI, DEDI., A. BUDIARTO, dan L. ANGGRIA. (2002). Pengelolaan kahat hara pada Inceptisols untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Tanah dan Iklim* Vol(20), p.56-68.
- OBALUM, S.E., M.M. BURI, J.C. NWITE, HERMANSAH, Y. WATANABE, C.A. IGWE, and T. WAKATSUKI. (2012). Soil degradation-induced decline in productivity of Sub-Saharan African soils: The prospects of looking downwards the lowlands with the sawah ecotechnology (Review). *Appl. Environ. Soil Science*. Vol (10).
- PASARIBU, E. H. (1990). Pemupukan Mg melalui daun pada tanaman teh produktif. *Prosiding Simposium Teh V*, Bandung Vol (1), p. 285-292.
- PRANOTO, E. (2010). Pengaruh aplikasi kombinasi berbagai dosis pupuk anorganik dan pupuk hayati terhadap kesehatan tanaman teh produktif. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* 13 (3), p. 61-68
- PRASETYO, B. H. (2005). Andisol: Karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol 1 (1), p.1-9.
- RACHMIATI, Y dan A. A. SALIM. 2005. Pengaruh pupuk hayati dan kompos limbah pabrik teh (fluff) terhadap pH, C-organik, serapan N, populasi total mikroba, populasi bakteri penambat N, dan pertumbuhan tanaman teh belm menghasilkan pada jenis tanah inceptisol. *Jurnal Pusat Penelitian Teh dan Kina* Vol 8 (1-2): 22-32.
- RACHMIATI, Y., E. PRANOTO, T. TRIKAMULYANA dan P. RAHARDJO. (2014). *Rekomendasi Pemupukan Tanaman Teh Tahun 2013 di Lingkup PT Perkebunan Nusantara VIII (Persero)*. Bandung: Pusat Penelitian Teh dan Kina. (Tidak dipublikasikan).
- RACHMIATI, Y., E. PRANOTO, T. TRIKAMULYANA dan P. RAHARDJO. (2013). *Rekomendasi Pemupukan Tanaman Teh Tahun 2013 di Lingkup PT Perkebunan Nusantara VIII (Persero)*. Bandung: Pusat Penelitian Teh dan Kina. (Tidak dipublikasikan).
- RACHMIATI, Y., E. PRANOTO, T. TRIKAMULYANA dan P. RAHARDJO. (2012). *Rekomendasi Pemupukan Tanaman Teh di Lingkup PT Perkebunan Nusantara IV (Persero)*. PT Riset Perkebunan Nusantara. Pusat Penelitian Teh dan Kina. (Tidak dipublikasikan).
- RACHMIATI, YATI. (2011). *Pelatihan Peningkatan Kualitas SDM di PTPN IV*. Bandung: Pusat Penelitian Teh dan Kina.
- RAHARDJO, P., A. A. SALIM., Y. RACHMIATI., dan E. PRANOTO. (2010). Degradasi hara tanah perkebunan teh di Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* Vol 13 (3), p.53- 60.
- RAHARDJO, P., A. A. SALIM., dan Y. RACHMIATI. (2009). Formula NPK organik lepas lambat dan bahan organik untuk mengatasi degradasi hara di perkebunan teh. *Prosiding Pertemuan Teknis Teh Tahun 2009*. Solo 14-15 Oktober 2009.
- RAHARDJO, P., T. TRIKAMULYANA., NANA S., dan ROSMANA. (2008). Penilaian kesesuaian lahan teh. *Prosiding Pertemuan Teknis Teh Tahun 2008*. Bandung, 25 November 2008. Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung. (Tidak dipublikasikan).

- SALIM, A. A. (2006). Pengaruh pengolahan tanah dan takaran pupuk organik terhadap beberapa sifat kimia tanah, serapan N daun, dan hasil tanaman teh (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) pada Andisol. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* Vol 9 (1-2) 2006, p.1-7.
- SANYAL, S. K. (1993). Phosphate sorption-desorption behaviour of some acidid soil of South and Southeast Asia. *Soil Science Journal*. 57, p.937-945.
- SOEPARDI, G. (1983). *Sifat dan Ciri Tanah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- SUBAGYO, H., N. SUHARTA, dan A. B. SISWANTO. (2000). *Tanah-tanah Pertanian di Indonesia*. Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- SUMARNO, S. HARTATI, H. WIDIJANTO. (2001). Kajian macam pupuk organik dan dosis pupuk P terhadap hasil kacang tanah (*Arachis hypogea* L.) di tanah entisol. *Sains Tanah Jurnal Penelitian Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* Vol (1), p.1-6.
- SUTRISNO, N., dan HERYANI, N. (2014). Teknologi konservasi tanah dan air untuk mencegah degradasi lahan pertanian berlereng. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 32 (3).
- TIM PPTK. (2013). *Laporan Identifikasi Masalah dan Evaluasi Keseuaian Lahan Perkebunan Teh PT Perkebunan Nusantara VIII (Persero)*. Pusat Peneltian Teh dan Kina. PT. RPN, Bandung (Tidak dipublikasikan).
- TIM PPTK. (2009). *Laporan Evaluasi Produksi Teh Januari-Maret 2009 PT Perkebunan Nusantara XII (Persero)*. Pusat Penelitian Teh dan Kina. Bandung. (Tidak dipublikasikan).
- UTAMI, S. N. H., dan HANDAYANI, S. (2003). Sifat kimia entisol pada sistem pertanian organik chemical properties in organic and conventional farming system. *Ilmu Pertanian*. 10(2), p. 63-69.
- VAN WAMBEKE, A. (1992). *Soil of The Tropic*. Properties and appraisal. McGraw-Hill, Inc.343p.
- Wibowo, Z. S. (1990). Rasionalisasi pemupukan tanaman teh dalam rangka peningkatan produksi dan penghapusan subsidi pupuk. *Prosiding Simposium Teh V*, Bandung 1990: 211-238.
- WIBOWO, Z. S. (1982). Pengaruh magnesium tanah dan pemupukan magnesium pada pertumbuhan tanaman teh dan kadarnya di dalam daun. *Prosiding Simposium Teh IV*, Semarang 1982, p.335-349.
- WIBOWO, Z. S. dan VESTRIJDEN, U. (1976). Nilai baku kadar hara daun teh. *Warta BPTK* 2 (3/4): 305-316.

PENGARUH KUALITAS PENDIDIKAN TERHADAP KEPUASAN MAHASISWA LULUSAN PRODI DIII KEBIDANAN DI STIKes RESPATI TASIKMALAYA

EFFECT OF QUALITY OF EDUCATION TOWARDS STUDENT SATISFACTION OF GRADUATES AT STIKes RESPATI TASIKMALAYA

Annisa Rahmidini¹, Firman F. Wirakusumah², dan Sari Puspa Dewi³

Universitas Padjadjaran, Jln. Eijkman 38 Bandung Jawa Barat Indonesia (022-82488828)

E-mail: annisarahmidini@gmail.com¹, firmanwirakusumah@gmail.com², spdewi@yahoo.com³

ABSTRACT

The high level of competition among educational institutions demands each institution to be able to manage its institution professionally. Educational institution could address high competitiveness by having a good quality education. The decision of an institution to conduct a systematic quality improvement action serves as determinant to handle students' complaints so that at the end, it can increase the satisfaction of graduates. The purpose of this study is to analyze the influence of quality of education (governance, community service, curriculum study, learning process, human resources, academic atmosphere, research and publications, student affairs, finance, as well as infrastructure and facilities) towards satisfaction of graduates in Respati Health Science Institute (STIKes) Tasikmalaya. The method used is quantitative research with cross sectional study design. The population in this study is all graduates of STIKes Respati Tasikmalaya in the past two years, namely Batch VII and VIII amounting to 201 graduates. Sampling techniques taken in this study is simple random sampling in total of 106 graduates. Methods of data collected in this study through questionnaire. The results show that there is a positive influence between qualities of education towards satisfaction of graduates in STIKes Respati Tasikmalaya. It is expected that STIKes Respati Tasikmalaya improves the quality of education so that graduates can be satisfied.

Keywords: quality education, graduate satisfaction, institution.

ABSTRAK

Tingginya tingkat persaingan antara institusi pendidikan mengakibatkan setiap institusi harus dapat mengelola institusinya secara profesional. Institusi pendidikan dapat mengatasi daya saing yang tinggi dengan memiliki mutu/kualitas pendidikan yang baik. Keputusan perguruan tinggi melakukan tindakan perbaikan kualitas pendidikan yang sistematis merupakan perangkat yang menentukan dalam menindaklanjuti keluhan mahasiswa dari suatu kegagalan sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan kepuasan lulusan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kualitas pendidikan (tatakelola, pengabdian pada masyarakat, kurikulum program studi, proses pembelajaran, sumber daya manusia, suasana akademik, penelitian dan publikasi, kemahasiswaan, keuangan, serta prasarana dan sarana) terhadap kepuasan lulusan di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Respati Tasikmalaya. Jenis penelitian kuantitatif dan metode yang digunakan adalah metode survey analitik dengan desain penelitian yaitu *cross sectional*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh lulusan STIKes Respati Tasikmalaya dua tahun terakhir yaitu Angkatan VII dan VIII berjumlah 201 lulusan. teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *simple random sampling* sebanyak 106 lulusan diambil. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan kuesioner. Hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif antara kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Respati Tasikmalaya. Diharapkan STIKES Respati Tasikmalaya meningkatkan kualitas pendidikan agar lulusan dapat merasa puas.

Kata kunci : kualitas pendidikan, kepuasan lulusan, perguruan tinggi.

PENDAHULUAN

Saat ini terdapat kurang lebih 661 institusi pendidikan kebidanan yang telah berdiri di Indonesia. Tingginya tingkat persaingan antara institusi pendidikan mengakibatkan setiap institusi harus dapat mengelola institusinya secara profesional. Institusi pendidikan dapat mengatasi daya saing yang tinggi dengan memiliki mutu/kualitas pendidikan yang baik.

Persoalan mutu pada pendidikan tinggi menjadi penting untuk dijadikan satu kajian khusus dalam upaya perbaikan pendidikan yang akan berdampak pada pembangunan Indonesia di berbagai bidang, karena di pendidikan tinggi inilah para pembuat kebijakan, ilmuan, seniman, dan para perekayasa teknologi seharusnya lahir dengan tidak hanya mementingkan kepintaran, tetapi lebih dari itu pembangunan karakter generasi

penerus bangsa ke depan (Hamidin, 2008; Ikatan Bidan Indonesia dan Asosiasi Institusi Pendidikan Kebidanan Indonesia, 2011).

Peningkatan kemampuan untuk mengelola dan mengembangkan perguruan tinggi sudah sangat dirasakan perlu, termasuk untuk menggunakan prinsip-prinsip manajemen modern berorientasi pada mutu/kualitas. Bagi para pengelola perguruan tinggi, sistem manajemen mutu pada hakekatnya berinti pada perbaikan terus menerus untuk memperkuat dan mengembangkan mutu lulusan sehingga dapat diserap oleh kalangan instansi dan pasar tenaga kerja (Aprilia, 2011). Keputusan perguruan tinggi melakukan tindakan perbaikan kualitas pendidikan yang sistematis merupakan payung yang menentukan dalam menindaklanjuti keluhan mahasiswa dari suatu kegagalan sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan kepuasan lulusan (Elu, 2005).

Berdasarkan teori *Total Quality Service* (TQS) definisi kualitas pendidikan merupakan kesesuaian dalam memberikan pelayanan pada setiap fase penyelenggaraan jasa yang melibatkan seluruh personel dalam organisasi yang sesuai dengan persyaratan, adapun persyaratan kualitas pendidikan ini mengacu kepada indikator standar kualitas yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti) (Handriana T, 1998, Singgih ML dan Rahmayanti, 2008)

Kualitas pendidikan yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan kualitas pendidikan yang berdasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Singgih ML dan Rahmayanti (2008) bahwa hasil *confirmatory factor analysis* mempergunakan 10 indikator standar kualitas yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen DIKTI) ternyata semua indikator tersebut berpengaruh secara signifikan pada kualitas pendidikan. Indikator kualitas pendidikan tersebut adalah proses pembelajaran, kurikulum program studi, sumber daya manusia, kemahasiswaan, prasarana dan sarana, suasana akademik, pembiayaan, penelitian dan publikasi, pengabdian masyarakat, serta tata kelola (Singgih ML, dan Rahmayanti, 2008).

Peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap pendidikan formal, khususnya pendidikan tinggi, menjadikan perguruan tinggi sebagai sektor strategis yang diharapkan dapat menghasilkan sumber daya manusia yang

bermutu. Keadaan persaingan yang cukup kompetitif antara perguruan tinggi menuntut lembaga pendidikan memperhatikan mutu pendidikan dan kelembagaan sehingga mampu serta unggul dalam persaingan tersebut. Keberhasilan program studi sebagai unit kerja dalam perguruan tinggi sangat ditentukan oleh mutu pelayanan yang diberikan, pelayanan yang bermutu dapat diidentifikasi melalui kepuasan pelanggan, dalam hal ini adalah mahasiswa/lulusan. Untuk mencapai tingkat kepuasan yang tinggi, diperlukan pemahaman tentang apa yang diinginkan oleh mahasiswa/lulusan, dengan mengembangkan komitmen setiap orang yang ada dalam lembaga untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa/lulusan. Program Studi D-III Kebidanan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Respati Tasikmalaya sebagai salah satu lembaga pendidikan tinggi, harus dapat menerapkan konsep mengutamakan kepuasan mahasiswa sebagai pelanggan dengan memberikan kualitas pendidikan terbaik. Beberapa bidang pelayanan yang harus dikembangkan secara berkelanjutan meliputi tatakelola, pengabdian pada masyarakat, kurikulum program studi, proses pembelajaran, sumber daya manusia, suasana akademik, penelitian dan publikasi, kemahasiswaan, keuangan, serta prasarana dan sarana.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang "Pengaruh kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Respati Tasikmalaya".

METODE

Jenis penelitian kuantitatif dan metode yang digunakan adalah metode survey analitik dengan desain penelitian yaitu *cross sectional*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh lulusan STIKes Respati Tasikmalaya dua tahun terakhir yaitu Angkatan VII dan VIII, karena baru lulus diharapkan lulusan masih mengingat tentang kualitas pendidikan yang didapatkan selama menempuh pendidikan di STIKes dan dapat menilai tingkat kepuasannya. Seluruh lulusan Angkatan VII dan VIII berjumlah 201 lulusan terdiri atas 97 lulusan angkatan VII dan 104 lulusan angkatan VIII.

Populasi penelitian ini terdiri dari dua angkatan yang berbeda, sehingga perlu dilakukan sampling dengan cara *simple random sampling*. Data penelitian ini adalah hasil dari

kuesioner yang disebarakan kepada 106 lulusan. Semua pertanyaan yang menyangkut data penelitian telah teruji validitas dan reliabilitasnya.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan kuesioner. Sistematis penyebaran kuesioner melalui beberapa tahap:

Tahap I: dilakukan pendataan data lulusan dari bagian mahasiswa Prodi untuk melacak alamat dan nomor telepon.

Tahap II: menghubungi lulusan untuk dilakukan kontrak waktu pertemuan dengan peneliti, baik dilakukan di STIKes maupun tempat yang telah disepakati.

Tahap III: jika jumlah sampel minimal belum tercapai, maka akan dilakukan kunjungan langsung ke tempat kerja lulusan berdasarkan data yang dimiliki STIKes. Selain itu kuesioner juga akan dikirimkan melalui email maupun kantor pos.

Setelah data diperoleh, maka dilakukan tahap berikutnya yakni tahap Analisis data penelitian. Analisis data penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif, analisis kuadran, dan analisis persamaan model struktural (SEM). *Structural Equation Model* (SEM)

Penelitian ini bermaksud melakukan pengujian hubungan variabel kualitas pendidikan dalam kaitannya dengan kepuasan lulusan. Adapun teknik analisis yang digunakan adalah analisis *structural equation modelling* (SEM) atau model persamaan struktural. Pemilihan metode ini dilakukan karena SEM cocok untuk penelitian pengaruh antara variabel; variabel yang diteliti tidak secara langsung dapat diamati, melainkan harus diterangkan oleh subvariabel atau dimensi dan indikatornya (Ferdinand, 2000).

Model struktural adalah model yang menjelaskan hubungan kausal antara variabel laten independen dan variabel laten dependen, sedangkan model pengukuran, model deskriptif atau model analisis faktor konfirmatori adalah model yang menjelaskan operasionalisasi variabel laten independen dan dependen menjadi variabel atau indikator-indikatornya dapat diobservasi secara langsung. Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam analisis ini adalah:

1. Transformasi Data

Setiap pernyataan diukur dengan skala Likert dengan 5 (lima) kategori jawaban (respons) dan arah jawaban yang positif. Sebelum dilakukan pendugaan atau

estimasi terlebih dahulu dilakukan peningkatan skala. Langkah-langkah metode tersebut adalah sebagaimana dijelaskan oleh Al-Rasyid (1994) sebagai berikut:

- a. Perhatikan setiap butir pernyataan
- b. Untuk setiap butir tersebut tentukan berapa orang yang mendapat skor 1,2,3,4,5 yang disebut dengan frekuensi
- c. Setiap frekuensi dibagi dengan banyaknya responden dan hasilnya disebut proporsi
- d. Tentukan proporsi kumulatif
- e. Dengan menggunakan Tabel distribusi normal, hitung nilai z untuk setiap proporsi kumulatif yang diperoleh
- f. Tentukan nilai densitas untuk setiap nilai z yang diperoleh (dengan menggunakan Tabel densitas)

Setelah data ditingkatkan skala pengukurannya ke dalam interval, dilakukan analisis dengan menggunakan SEM. Pemodelan LISREL dibangun berdasarkan teori, hasil penelitian, dan fakta. Langkah-langkah pemodelan sebagai berikut:

2. Konseptualisasi model

Konseptualisasi model akan disusun hipotesis yang berdasarkan teori, hasil penelitian dan fakta sebagai pedoman untuk menyusun hubungan variabel laten terhadap variabel laten lain dan juga variabel-variabel indikatornya.

3. Pembentukan diagram jalur

4. Spesifikasi Model

Tahap spesifikasi model pada dasarnya merupakan suatu proses perumusan ke dalam notasi-notasi matematika, misalnya dari model yang bersifat verbalistik ke dalam model statistik, banyaknya parameter yang ditaksir dan notasi-notasi yang sesuai dengan program komputer.

5. Metode Estimasi

Setelah identifikasi model dan model dinyatakan over identified, langkah selanjutnya adalah estimasi parameter. Dalam penelitian ini, metode penaksiran yang digunakan yaitu metode maximum likelihood (ML).

6. Kecocokan Model

Ukuran-ukuran kesesuaian dalam model persamaan struktural dapat dilakukan secara inferensial atau deskriptif. Statistik chi-kuadrat dapat digunakan untuk menguji kesesuaian model secara inferensial, sedangkan ukuran kesesuaian secara deskriptif yang dinyatakan dalam suatu

indeks, misalnya yang sering digunakan adalah goodness of fit indices (GFI), adjusted goodness of fit indices (AGFI). Langkah pengujiannya sebagai berikut:

7. Hipotesis pengujian

$H_0 : \Sigma = \Sigma(\theta)$ Model fit dengan data

$H_1 : \Sigma \neq \Sigma(\theta)$ Model tidak fit dengan data

8. Statistik Uji

$$\chi^2 = (n-1) \times F(\hat{\theta})$$

9. Kriteria Uji

Terima H_0 jika nilai peluang nilai p lebih besar dari α .

Sementara pengujian secara deskriptif dapat dilakukan dengan fit index dalam Tabel 1.

10. Analisis Model Pengukuran

Setelah kecocokan model dan data secara keseluruhan adalah baik, langkah berikutnya adalah evaluasi atau analisis model pengukuran. Evaluasi ini dilakukan terhadap setiap model pengukuran atau konstruk secara terpisah melalui evaluasi terhadap validasi (validity) dari model pengukuran dan evaluasi terhadap reliabilitas (reability) dari model pengukuran.

Validitas berhubungan dengan apakah suatu variabel mengukur apa yang seharusnya diukur. Reliabilitas menyangkut konsistensi atau stabilitas suatu alat ukur. Suatu alat ukur dapat dikatakan konsisten jika alat tersebut digunakan dalam waktu yang berbeda dan dalam kondisi yang relatif sama akan menghasilkan hasil yang

relatif sama pula. Reliabilitas tinggi menunjukkan bahwa indikator-indikator mempunyai konsistensi tinggi dalam mengukur konstruk latennya.

a) Evaluasi terhadap validitas (*validity*) model pengukuran

Suatu variabel dikatakan mempunyai validitas yang baik terhadap konstruk atau variabel latennya, jika nilai-t muatan faktornya (*factor loading*) lebih besar dari nilai kritis (t tabel)

b) Evaluasi terhadap reliabilitas (*reliability*) model pengukuran

Untuk mengukur reabilitas dalam SEM kita dapat menggunakan: *composite reability measure* (ukuran reabilitas komposit) dan *variance extracted measure* (ukuran ekstrak varian).

Reliabilitas komposit suatu konstruk dihitung sebagai:

$$\text{Constructreliability} = \frac{(\sum \text{std.loading})^2}{(\sum \text{std.loading})^2 + \sum e_j}$$

Keterangan:

Std.loading: Koefisien bobot faktor yang distandar (standardized loading) untuk setiap indikator

e_j : Kesalahan pengukuran (measurement error) untuk setiap variabel manifest.

Nilai Construct Reliability (CR) di atas 0,70 menunjukkan bahwa indikator-indikator tersebut reliable untuk mengukur konstruk tersebut.

Tabel 1. Statistik-Statistik Uji Kecocokan Model

Statistik Uji Kecocokan Model	Interpretasi
<i>Goodness of-Fit Indices</i> (GFI)	Nilai > 0,9 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Root Mean Squared Residual</i> (RMR)	Nilai < 0,05 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Root Mean Square Error of Approximation</i> (RMSEA)	Nilai kurang dari 0,05 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Adjusted Goodness of Fit</i> (AGFI)	Nilai > 0,9 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Normed Fit Index</i> (NFI)	Nilai > 0,9 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Non-Normed Fit Index</i> (NNFI)	Nilai > 0,9 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Normed Chi-Square</i> (NC)	Kurang dari 1 (model jelek), lebih dari 5 (model perlu modifikasi)
<i>Comparative Fit Index</i> (CFI)	Nilai >0,9 menunjukkan <i>good fit</i>
<i>Incremental Index Fit</i> (IIF)	Semakin tinggi nilai IIF, semakin fit suatu model dengan data

Sumber: Narimawati U, 2010.

Pengujian Hipotesis

Pengujian terhadap hipotesis yang telah dikemukakan sebelumnya akan dilakukan dengan uji-t, yaitu membandingkan t hitung dengan t tabel.

$H_0 : \gamma = 0$ (kualitas pendidikan tidak berpengaruh pada kepuasan lulusan)

$H_1 : \gamma \neq 0$ (kualitas pendidikan berpengaruh pada kepuasan lulusan)

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\gamma}}{s(\hat{\gamma})} \sim t_{(n/2, n-k-1)}$$

Kriteria Penolakan dan Penerimaan Hipotesis Nol

Tolak hipotesis nol jika t hitung > t tabel atau – t hitung < - t tabel atau nilai p < 0,05

Terima hipotesis nol jika – t tabel < t hitung < t tabel atau jika p-value > 0,05

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan menguraikan dan menganalisa data yang diperoleh peneliti dari angket yang telah disebarakan kepada

responden sebagai sumber data primer. Adapun data lain diperoleh melalui wawancara, pengamatan atau observasi, dan studi pustaka yang digunakan peneliti sebagai data sekunder atau penunjang guna melengkapi dan memperluas data utama.

Data penelitian ini adalah hasil dari kuesioner yang disebarakan kepada 106 responden. Semua pertanyaan yang menyangkut data penelitian telah teruji validitas dan reabilitasnya (data terlampir). Sampel diperoleh dengan *simple random sampling* dengan target penelitian ini adalah lulusan STIKes Respati Tasikmalaya angkatan VII dan VIII. Analisis yang akan disajikan terdiri dari dua bagian, yaitu analisis data responden dan analisis kuadran serta analisis SEM untuk melihat pengaruh kualitas mutu pendidikan terhadap kepuasan alumni Stikes Respati. Teknik analisis yang digunakan pada analisis data responden dan data penelitian adalah analisis deskriptif, dimana semua data yang diperoleh disusun ke dalam Tabel melalui perhitungan distribusi frekuensi dan persentasenya.

Tabel 2. Deskripsi Responden

Karakteristik	n	%
Lama menunggu pekerjaan (bulan)		
≤ 3	69	65,1
> 3–6	32	30,2
≥ 6–12	5	4,7
Sumber informasi pekerjaan		
Media cetak	1	0,9
Teman	31	29,3
Media elektronik	1	0,9
Almamater/Fakultas	4	3,8
Orangtua/saudara	57	53,8
Lainnya.....	12	11,3
Pekerjaan pertama		
Pelayanan kesehatan	105	99,1
Nonpelayanan kesehatan	1	0,9
Pekerjaan saat ini		
Pelayanan kesehatan	84	79,3
Nonpelayanan kesehatan	22	20,7
Keterkaitan pekerjaan dengan bidang kebidanan		
Ya	100	94,3
Tidak	6	5,7
Kesesuaian materi		
Terpenuhi	94	88,7
Cukup	12	11,3
Gaji pertama (Rp.)		
≤ 1 juta	89	84,0
≥1–3 juta	17	16,0
Gaji saat ini		
1–2 juta	104	98,1
3–4 juta	2	1,9

Sumber: Hasil analisis LISREL

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa dari 106 lulusan STIKes Respati Tasikmalaya, lebih dari setengah lulusan memiliki waktu menunggu pekerjaan kurang dari 3 bulan (65,1%). Jika dilihat dari sumber informasi yang didapat, lebih dari setengahnya 53,8% didapat dari orangtua atau saudara. Sebagian besar lulusan saat ini (79,3%) bekerja pada pelayanan kesehatan.

Dilihat dari kesesuaian materi dengan pekerjaan sekarang, didapat bahwa sebagian besar merasa materi telah terpenuhi (88,7%). Gaji pertama yang didapat berkisar kurang dari 1 juta pada awal bekerja, sedangkan gaji saat ini yang didapat sebagian besar (98,1%) memiliki gaji 1–2 juta rupiah.

Hasil analisis deskriptif data responden pada Tabel 1 menunjukkan bahwa lama menunggu pekerjaan lulusan masih banyak yang >3–6 bulan sebesar 30,2% dan sumber informasi pekerjaan lebih banyak didapatkan dari orangtua atau saudara sebesar 53,8%, sedangkan almamater/fakultas hanya 3,8%. Hal ini menunjukkan bahwa STIKes perlu meningkatkan peran sertanya dalam memberikan informasi tentang lowongan pekerjaan kepada lulusannya.

Menurut ketua Pengurus Pusat Ikatan Bidan Indonesia (PP IBI) Dr. Harni Koesno, MKM. kampus yang memiliki jurusan kebidanan terus menjamur, sehingga jumlah bidan semakin meningkat. Diperkirakan pada tahun 2015 Indonesia akan mengalami peningkatan jumlah bidan dan sebagian harus dikirim ke luar negeri. Untuk memberdayakan bidan yang jumlahnya berlimpah itu, Dr. Harni telah bekerjasama dengan Badan Nasional Penempatan dan Perlindungan TKI (BNP2TKI) untuk mengirim sebagian bidan ke luar negeri. Salah satu negara yang menjadi tujuan pengiriman adalah Timor Leste (Pramudiardja, 2012).

Beberapa usaha yang perlu dilakukan program studi untuk memberikan informasi lowongan

pekerjaan kepada lulusannya sebagai berikut: memberikan informasi tentang kesempatan bekerja di berbagai instansi pemerintah/swasta kepada lulusan, membentuk wadah untuk mengumpulkan informasi tentang kesempatan kerja, membantu lulusan memperoleh pekerjaan, mengundang pihak yang memerlukan tenaga lulusan ke kampus untuk memberi penjelasan kesempatan kerja, menawarkan kepada pihak-pihak yang dianggap memerlukan tenaga lulusan, dan kerja sama antara program studi/jurusan dan pihak pengguna lulusan (BAN-PT, 2008).

Untuk analisis gaji pertama lulusan sebagian besar (84%) masih < 1 juta, hal ini terjadi karena rata-rata lulusan masih bekerja di Bidan Praktik Mandiri sehingga gaji belum dapat disesuaikan dengan upah minimum. Pada tahun pertama lulusan masih mencari pengalaman dalam dunia kerja dan meningkatkan keterampilan yang didapatkan selama proses pendidikan sehingga masih dianggap sebagai karyawan magang.

Perhitungan normalitas data dilakukan dengan cara membagi nilai Skewness dengan standar errornya yang menghasilkan nilai c.r. atau nilai Kurtosis dibagi standar errornya, jika hasil perhitungan berada diantara -2 sampai dengan +2, maka dapat dikatakan data berdistribusi normal. Berdasarkan Tabel di atas dapat dilihat bahwa data kualitas pendidikan dan kepuasan lulusan berdistribusi normal karena memiliki nilai antara -2 sampai dengan 2.

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat bahwa untuk proses belajar dinilai dengan kategori sangat baik paling tinggi diantara yang lainnya. Sementara untuk indikator kurikulum program studi dinilai baik oleh semua lulusan (106 lulusan), Untuk indikator prasarana dan sarana, penelitian dan publikasi dan keuangan lebih banyak dinilai dengan kategori cukup dan kurang.

Tabel 3. Uji Normalitas

Variabel	Min	Maks	Rata-rata	Std. Deviasi	Skew	c.r	kurtosis	c.r.
Kualitas pendidikan	22,10	44,60	35,31	5,02	-0,26	-1,10	-0,45	-0,97
Kepuasan lulusan	12,70	22,70	17,47	3,29	0,22	0,91	-0,66	-1,85

Sumber: Hasil analisis LISREL

Jika dilihat dari skor rata-rata tiap indikator, didapat bahwa dari 10 indikator kualitas, indikator yang paling tinggi nilainya, yaitu sebesar 4,13. Selanjutnya adalah indikator kurikulum program studi sebesar 4,00, indikator pengabdian pada masyarakat sebesar 3,78. Sementara itu, terdapat 3 indikator yang masih dinilai rendah oleh para lulusan, yaitu prasarana dan sarana dengan skor 3,05; penelitian dan publikasi dengan skor 3,22; dan keuangan atau biaya perkuliahan dengan skor 3,27.

Kualitas pendidikan diukur melalui indikator proses pembelajaran, kurikulum program studi. Sumber daya manusia, kemahasiswaan, prasarana dan sarana, suasana akademik, keuangan, penelitian dan publikasi, pengabdian kepada masyarakat, dan tata kelola. Berdasarkan hasil analisis gambaran kualitas pendidikan dapat dilihat bahwa indikator yang mendapatkan skor penilaian paling tinggi adalah proses pembelajaran. Menurut Rooijackers (1991) proses pembelajaran merupakan suatu kegiatan belajar mengajar menyangkut kegiatan tenaga pendidik, kegiatan peserta didik, pola dan proses interaksi tenaga pendidik dan peserta didik dan sumber belajar dalam suatu lingkungan belajar dalam kerangka keterlaksanaan program pendidikan.

Suatu sistem pendidikan dikatakan berkualitas jika proses pembelajarannya berlangsung secara menarik dan menantang sehingga

peserta didik dapat belajar sebanyak mungkin melalui proses belajar yang berkelanjutan. Proses pendidikan yang berkualitas akan membuahkan hasil pendidikan yang berkualitas pula dan dengan demikian akan semakin meningkatkan kualitas kehidupan bangsa. Dalam dunia pendidikan, terdapat alur yang searah dan sebanding antara input pendidikan, proses pembelajaran dan hasil belajar (output).

Proses pembelajaran yang berkualitas merupakan proses pembelajaran yang member perubahan antara input menuju output (hasil) yang lebih baik dari sebelumnya. Karenanya pembenahan yang menyeluruh dan sistematis perlu dilakukan terhadap input, proses, termasuk didalamnya system evaluasi pendidikan, sehingga dapat menjamin terciptanya kualitas hasil yang tinggi dan merata. (Radno Harsanto, 2007:9).

Pelaksanaan proses pembelajaran di STIKes Respati Tasikmalaya digunakan berbagai pendekatan, strategi, dan teknik yang menantang. Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat berpikir kritis, bereksplorasi, berkreasi, dan bereksperimen dengan memanfaatkan berbagai sumber ajar. Pendekatan metode pembelajaran secara bertahap diarahkan berpusat kepada mahasiswa (*student centered learning*), dengan metode pembelajaran yang dapat mendorong mahasiswa untuk belajar mandiri dan berkelompok.

Tabel 4. Gambaran Kualitas Pendidikan

Variabel	Indikator	Kategori					Skor rata-rata
		SB	B	C	K	SK	
Kualitas pendidikan (X)	Proses Pembelajaran	41	38	27	0	0	4,13
	Kurikulum Program Studi	0	106	0	0	0	4,00
	Sumber Daya Manusia	31	18	52	1	4	3,67
	Kemahasiswaan	2	44	50	6	4	3,32
	Prasarana dan Sarana	0	16	79	11	0	3,05
	Suasana Akademik	26	21	53	6	0	3,63
	Keuangan	32	12	21	35	6	3,27
	Penelitian dan Publikasi	2	29	65	10	0	3,22
	Pengabdian pada masyarakat	30	38	25	10	3	3,77
	Tatakelola	31	21	54	0	0	3,78
Total		195	343	426	79	17	3,58

Keterangan : SB = Sangat Baik, B = Baik, C = Cukup, K = Kurang, SK = Sangat Kurang

Sumber: Hasil analisis LISREL

Indikator kualitas pendidikan yang memiliki skor terendah berdasarkan hasil analisis deskripsi adalah prasarana dan sarana. Pendidikan berkualitas memerlukan tersedianya sarana dan prasarana yang memadai. Pertama dimulai dari ruang kuliah sebagai tempat belajar. Ruang kuliah yang ideal memiliki *sound managing* dan tata ruang yang baik serta dilengkapi dengan pengatur udara dan sarana visual yang memadai. Tata ruang yang baik sangat menunjang pada optimalnya proses belajar mengajar. *Sound managing* yang baik meliputi tersedianya *sound system* yang *clear* dan efek pemantulan yang baik. Adanya pendingin ruangan memberi kenyamanan baik bagi mahasiswa maupun staf pengajar. Sarana visual yang *modern* dan *up to date* mempermudah proses transfer ilmu kepada mahasiswa. Di masa sekarang ini Stikes Respati harus terus meningkatkan sarana pendidikannya khususnya ruang kuliah bukan lagi berorientasi pada standar lokal tetapi standar global.

Kedua, laboratorium praktikum harus dilengkapi dengan peralatan-peralatan yang memadai dan sesuai perkembangan teknologi. Keperawatan sangat erat kaitannya dengan dunia kedokteran sehingga sarana dan prasarana laboratorium praktikum juga harus mengikutinya. Laboratorium pendidikan harus mengacu pada perkembangan teknologi keperawatan dan kedokteran yang berkembang pesat seiring dengan masuknya berbagai teknologi keperawatan dan kedokteran maju disertai dengan peralatan-peralatan canggih ke Indonesia. Saat ini bidang keilmuan keperawatan serta kedokteran tidak lepas dari perkembangan

IPTEK. Perkembangan IPTEK ini harusnya bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan mutu pendidikan di Stikes Respati pada khususnya.

Ketiga, media pengajaran harus sudah memanfaatkan kemajuan teknologi yang ada. Staf pengajar harus sudah memanfaatkan teknologi komputer dan multimedia. Misalnya, berbagai proses dalam tubuh akan lebih jelas bila diterangkan melalui animasi serta video-video yang sekarang banyak beredar dalam bentuk CD ROM atau lainnya. Selain itu teknologi multimedia dan digital memungkinkan kita menyimpan lebih banyak data dan informasi mengenai perkembangan ilmu pengetahuan terbaru.

Skor yang diberikan oleh lulusan baik pada penilaian kenyataan dan harapan berkisar antara 1-5, sehingga skor 3 dapat dijadikan batasan untuk menentukan penilaian negatif atau positif. Penilaian yang positif adalah penilaian yang lebih dari 3, dan sebaliknya penilaian negatif yang kurang dari 3. Hasil perhitungan pada Tabel di atas menunjukkan bahwa skor rata-rata persepsi lulusan paling tinggi pada kualitas produk, yang ditunjukkan dengan skor 3,79; selanjutnya pada indikator harga sebesar 3,76. Sementara itu, skor penilaian kenyataan paling kecil ada pada indikator biaya (2,67) yang dinilai dengan persepsi yang negatif.

Dari hasil perhitungan nilai kesenjangan dapat dilihat bahwa untuk indikator biaya memiliki tingkat kesenjangan paling tinggi antara harapan dan kenyataan, tingkat kesenjangan tersebut mencapai 44,44%. Sementara indikator yang

Tabel 5. Gambaran Kualitas Pendidikan

No	Pernyataan	Penilaian Kenyataan	Penilaian Harapan	$\bar{x}$	$\bar{y}$	TKR (%)	Tsi (%)
Kepuasan lulusan							
1	Kualitas produk	1204	1508	3,79	4,74	79,84	20,16
2	Kualitas pelayanan	1587	2015	3,74	4,75	78,76	21,24
3	Faktor emosional	1113	1508	3,50	4,74	73,81	26,19
4	Biaya	565	1017	2,67	4,80	55,56	44,44
5	Harga	399	500	3,76	4,72	79,80	20,20
Rata-rata Umum				3,49	4,75		

Keterangan : TKR = Tingkat Kesesuaian, Tsi = Tingkat Kesenjangan

Sumber: Hasil analisis LISREL

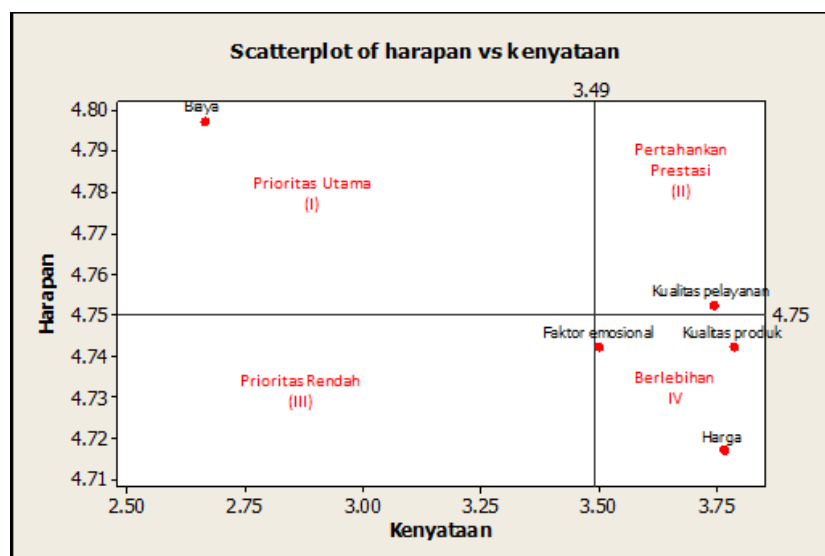
lainnya dengan tingkat kesenjangan kurang dari 30%. Tingkat kesenjangan paling kecil adalah indikator kualitas produk sebesar 20,16%.

Berdasarkan hasil analisis kuadran diagram kartesius pada Gambar 1 didapatkan hasil bahwa indikator yang terdapat pada kuadran I merupakan unsur-unsur jasa yang dianggap penting, namun manajemen belum melaksanakannya sesuai keinginan lulusan sehingga mengecewakan/tidak puas. Indikator yang berada pada kuadran satu tersebut yaitu biaya. Indikator yang terdapat pada kuadran IV merupakan indikator yang memengaruhi lulusan kurang penting, akan tetapi pelaksanaannya berlebihan. Indikator yang dianggap kurang penting tetapi sangat memuaskan, antara lain harga, kualitas produk, dan faktor emosional.

Berdasarkan analisis kuadran kepuasan mahasiswa Stikes Respati diperoleh hasil bahwa indikator biaya termasuk kedalam kuadran I dimana biaya dianggap penting namun manajemen belum melaksanakannya sesuai keinginan lulusan sehingga mengecewakan/tidak puas. Menurut Wijaya (2012:119) bahwa "biaya pendidikan merupakan harga dasar atau harga minimum jasa pendidikan yang dikenakan pada produk jasa". biaya merupakan salah satu variabel penting karena biaya pendidikan akan menjadi pertimbangan calon mahasiswa untuk memilih perguruan tinggi. Misalnya, suatu perguruan tinggi menetapkan biaya pendidikan yang lebih tinggi dengan mutu yang sama dengan perguruan tinggi lain yang menetapkan biaya

yang lebih rendah. Maka dalam hal ini, mahasiswa tentunya akan lebih memilih perguruan tinggi lain yang biaya pendidikannya lebih rendah, namun memiliki mutu pendidikan yang sama. Pada saat mahasiswa membayar biaya pendidikan pada perguruan tinggi pilihannya, maka muncullah sebuah harapan untuk mendapatkan layanan yang sesuai dengan biaya yang telah dikeluarkannya untuk mendapat jasa pendidikan. Dalam hal ini, biaya seringkali dibandingkan dengan mutu layanan pendidikan.

Kualitas layanan berada di kuadran II, dimana indikator tersebut dianggap sangat penting dan memuaskan. Berbagai peneliti telah memberikan temuan mengenai perhatian mahasiswa terhadap kualitas dan penggunaan siswa untuk mengukur kualitas layanan yang disediakan. Mahasiswa harus dinilai sebagai produk dalam suatu institusi (Emery *et al*, 2001). Penelitian telah menegaskan bahwa kualitas pelayanan merupakan faktor pendukung kepuasan (Cronin dan Taylor, 1992; Shemwell *et al*, 1998). Kualitas pelayanan dianggap penting oleh berbagai peneliti untuk digunakan dalam sektor pendidikan. Athiyaman (1997) menemukan bahwa ada hubungan yang kuat antara kualitas pelayanan dan kepuasan pelanggan dan semua pertemuan layanan harus dikelola dalam rangka meningkatkan kepuasan konsumen. Ahmed *et al*. (2010) berpendapat bahwa bahwa ada hubungan positif dan signifikan antara kualitas layanan yang disediakan dan kepuasan pelanggan



Gambar 1. Hasil Analisis Kuadran
Sumber: Hasil analisis LISREL

Tabel 6. Hubungan antara Kualitas Pendidikan Dengan Kepuasan Lulusan StiKes Respati Tasikmalaya

Variabel	R	t _{hitung}	p-value	Keterangan	Kesimpulan
Kualitas Pendidikan (X) dengan Kepuasan Lulusan (Y)	0,455	5,211	0,000	Ho Ditolak	Terdapat Hubungan

Sumber: Hasil analisis LISREL

Pada Tabel di atas dapat dilihat koefisien korelasi adalah sebesar 0,455. Hasil uji signifikansi diperoleh nilai t hitung sebesar 5,211 dan nilai t Tabel dengan $\alpha = 5\%$ adalah sebesar 2,002, maka dapat dilihat bahwa t hitung (5,211) > t Tabel (1,984) atau p-value (0,000) < α (0,05) sehingga Ho ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara kualitas pendidikan (X) dengan kepuasan lulusan (Y). Koefisien korelasi yang positif menunjukkan bahwa semakin baik kualitas pendidikan (X) maka semakin baik pula kepuasan lulusan (Y). Dengan menggunakan kriteria Guilford, koefisien korelasi sebesar 0,455 menunjukkan bahwa hubungan antara dengan kepuasan lulusan (Y) merupakan hubungan yang sedang.

Kandampully (2000) menyatakan bahwa kualitas layanan memiliki peran yang sangat penting bagi kesuksesan bisnis jasa. Dalam bisnis jasa, interaksi konsumen dengan penyedia jasa sangat tinggi, mengingat pada sebagian besar bisnis jasa, pelanggan dituntut keterlibatan dan partisipasinya dalam proses produksi dan konsumsi. Dengan demikian, pelanggan memiliki kesempatan untuk menilai secara kritis kualitas jasa yang disediakan. Pelanggan akan menilai kualitas pelayanan dengan membandingkan antara pelayanan yang diperoleh dengan pelayanan yang diharapkan. Karena itu, kualitas jasa memainkan peran penting dalam memberi nilai tambah terhadap pengalaman jasa secara keseluruhan (Tampubolon *et al.*, 2007).

Temuan di atas memperkuat juga pendapat yang menyatakan bahwa kualitas pelayanan dalam bidang pendidikan akan meningkatkan kepuasan mahasiswa menurut Dimyati (2002) yang menunjukkan hasil penelitiannya bahwa 1) penerapan kualitas pendidikan di Fakultas Ekonomi Universitas Jember memiliki

kesenjangan antara harapan mahasiswa dengan persepsi manajemen mengenai kualitas jasa pelayanan, 2) terdapat kesenjangan antara harapan mahasiswa dengan persepsi manajemen mengenai kualitas jasa, khususnya untuk dimensi bukti fisik (*tangibles*), daya tanggap (*responsiveness*), dan empati (*empathy*), 3) terdapat kesenjangan antara harapan pengguna lulusan dengan persepsi manajemen mengenai kualitas jasa, untuk kelima dimensi jasa (bukti fisik, kehandalan, daya tanggap, jaminan, dan empati).

Penilaian kualitas jasa juga dilakukan oleh Pariseau dan McDaniel (1997) pada sekolah bisnis. Penelitian ini dilakukan pada dua universitas di daerah North-East Region USA. Studi ini membandingkan antara harapan dan persepsi mahasiswa terhadap kualitas pelayanan yang diberikan oleh sekolah bisnis, yang meliputi pelayanan dosen, materi yang diberikan dan pelayanan non akademik. Dalam penelitian ini digunakan lima variabel seperti yang dikemukakan oleh Parasuraman yaitu variabel *tangibles*, *reliability*, *empathy*, *responsiveness* dan *assurance*, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa mahasiswa menilai bahwa sekolah bisnis harus memiliki tingkat *assurance*/jaminan yang tinggi kemudian baru diikuti oleh variabel *responsiveness*, hal ini juga telah sesuai dengan persepsi manajemen sekolah bisnis.

Hasil penelitian Wei dan Ramalu (2011) dalam jurnal *Students Satisfaction Towards The University: Does Service Quality Matters?* menunjukkan bahwa secara keseluruhan dimensi mutu layanan berhubungan dengan kepuasan mahasiswa. Penelitian lain yang dilakukan oleh Sureshchandar *et al.* (2002) menemukan adanya hubungan yang sangat erat antara kualitas pelayanan dengan tingkat kepuasan pelanggan, semakin baik kualitas

pelayanan maka besar kemungkinan konsumen akan semakin puas.

Berdasarkan hasil penelitian dan juga pendapat dari beberapa penelitian terdahulu menggambarkan pentingnya kualitas jasa dalam kepuasan mahasiswa. Sedangkan indikator lain seperti kualitas produk dan faktor emosional kurang dianggap penting dalam meningkatkan kepuasan meskipun faktor-faktor tersebut tetap dipertimbangkan namun tingkat kepentingan mahasiswa terhadap indikator tersebut lebih rendah dibandingkan biaya dan kualitas layanan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Helgesen dan Nesset (2007) bahwa Manajemen universitas harus fokus pada layanan kualitas, informasi dan fasilitas untuk meningkatkan kepuasan mahasiswa, dan kualitas layanan adalah paling penting dari semua.

Pengaruh Kualitas Pendidikan (X) terhadap Kepuasan Lulusan (Y)

Untuk mengetahui pengaruh kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan StiKes Respati Tasikmalaya, peneliti menggunakan analisa Structural Equation Model (SEM).

Analisis Model Keseluruhan (Overall Model)

Pengujian kesesuaian model keseluruhan yang diusulkan. Dari *Goodness of fit Statistics* pada table 7 dapat dinyatakan bahwa kriteria RMR menghasilkan kesimpulan *Good Fit*. Selainnya dengan *acceptable fit* dan *not fit*. Dari kombinasi berbagai ukuran kecocokan tersebut, secara umum dapat disimpulkan bahwa kecocokan keseluruhan model pada penelitian ini adalah cukup baik dikarenakan dari 9 kriteria hanya 3 yang not fit, sehingga model dapat diinterpretasi lebih lanjut.

Analisis Model Pengukuran

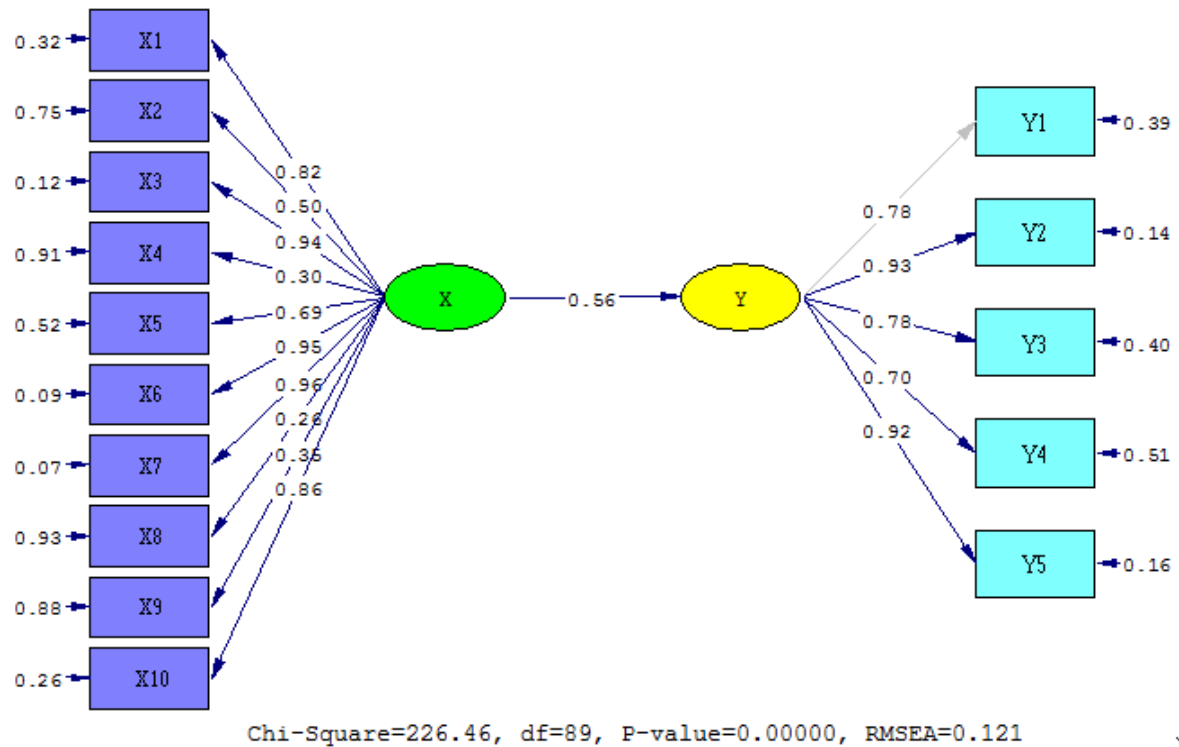
Berikut ini adalah gambar dan Tabel yang menunjukkan nilai muatan faktor standar (*standardized loading factor*) dan kesalahan pengukuran (*measurement error*) untuk model pengukuran (*measurement model*) pada masing-masing variabel dengan menggunakan Structural Equation Model. Terdapat 2 (dua) variabel pada penelitian ini, yaitu kualitas pendidikan dan kepuasan lulusan. Berikut hasil pengolahan analisis dengan menggunakan LISREL 8.80.

Tabel 7. Indeks Goodness of Fit pada Model Penelitian SEM

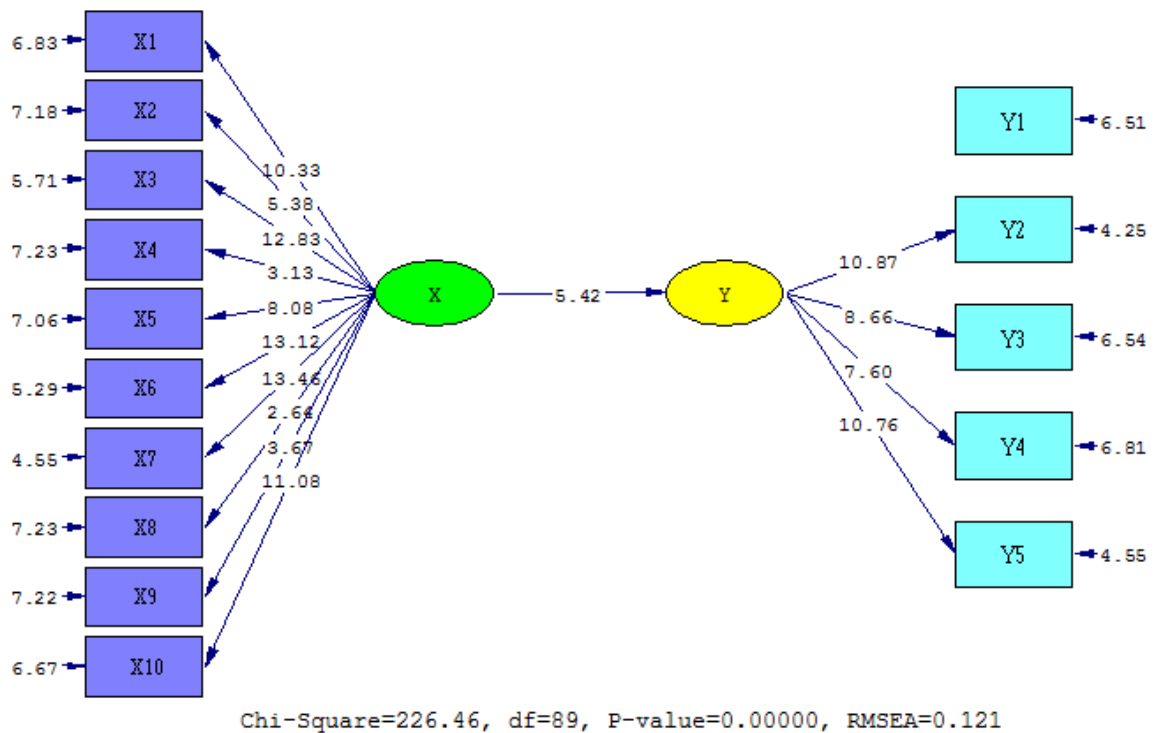
Kriteria	Nilai Kritis		Evaluasi Model	Hasil Analisis
	<i>Good Fit</i>	<i>Acceptable Fit</i>		
χ^2	$\leq \chi^2 \text{ table (112.02)}$		225,13	<i>Not Fit</i>
Pvalue	$0.05 < P < 1.00$	$0.01 < P < 0.05$	0,000	<i>Not Fit</i>
χ^2/df	$0 \leq \chi^2/\text{df} \leq 2$	$2 \leq \chi^2/\text{df} \leq 3$	2,530	<i>Acceptable Fit</i>
RMSEA	$0 \leq \text{RMSEA} \leq 0.05$	$0.05 < \text{RMSEA} \leq 0.08$	0,12	<i>Not Fit</i>
Confidence Interval (CI)	close to RMSEA, left boundary of CI = 0.00	close to RMSEA	(0.10 ; 0.14)	<i>Acceptabel Fit</i>
RMR	$0 \leq \text{RMR} \leq 0.05$	$0.05 < \text{RMR} \leq 0.07$	0,041	<i>Good Fit</i>
NFI	$0.95 \leq \text{NFI} \leq 1.00$	$0.90 < \text{NFI} \leq 0.95$	0,9	<i>Acceptable Fit</i>
CFI	$0.97 \leq \text{CFI} \leq 1.00$	$0.90 < \text{CFI} \leq 0.97$	0,94	<i>Acceptable Fit</i>
GFI	$0.90 \leq \text{GFI} \leq 1.00$	$0.80 < \text{GFI} \leq 0.90$	0,87	<i>Acceptable Fit</i>

GFI $0.90 \leq \text{GFI} \leq 1.00$ $0.80 < \text{GFI} \leq 0.90$ 0,87 *Acceptable Fit*

Sumber: Hasil analisis LISREL



Gambar 2. Standardized Loading Factor pada Structural Equation Model (SEM)
 Sumber: Hasil analisis LISREL



Gambar 3. Uji t pada Structural Equation Model (SEM)
 Sumber: Hasil analisis LISREL

Tabel 8. Analisis Model Pengukuran

Indikator		Construct Reliability	Standardized Loading	t _{hitung}	t _{table}	Ket
Variabel Kualitas						
X1	Proses Pembelajaran	0,9	0,82	10,3	1,98	Valid
X2	Kurikulum Program Studi		0,51	5,48	1,98	Valid
X3	Sumber Daya Manusia		0,94	12,9	1,98	Valid
X4	Kemahasiswaan		0,3	3,16	1,98	Valid
X5	Prasarana dan Sarana		0,69	8,08	1,98	Valid
X6	Suasana Akademik		0,95	13,13	1,98	Valid
X7	Keuangan		0,96	13,44	1,98	Valid
X8	Penelitian dan Publikasi		0,26	2,68	1,98	Valid
X9	Pengabdian pada masyarakat		0,35	3,7	1,98	Valid
X10	Tatakelola		0,86	11,1	1,98	Valid
Variabel Kepuasan						
Y1	Kualitas produk	0,91	0,51	-	1,98	Valid
Y2	Kualitas pelayanan		0,83	5,29	1,98	Valid
Y3	Faktor emosional		0,61	4,55	1,98	Valid
Y4	Biaya		0,64	4,67	1,98	Valid
Y5	Harga		0,92	5,44	1,98	Valid

Sumber: Hasil analisis LISREL

Pada Tabel 8 serta gambar 2 dan 3 diatas, menunjukkan nilai Standar loading factor (SLF) pada masing-masing indikator terhadap pada model tersebut membuktikan bahwa pada model pengukuran CFA variabel kualitas pendidikan mempunyai validitas yang baik pada masing-masing indikator. Hal ini berdasarkan kriteria validitas yang baik, dimana nilai t_{hitung} muatan faktornya lebih besar dari t_{Tabel} t_{Tabel}. Sehingga dapat disimpulkan bahwa indikator pada model pengukuran CFA dapat mengukur variabel kualitas pendidikan dan kepuasan lulusan dapat diukur dengan baik.

Setelah melihat bahwa masing-masing indikator pada variabel mempunyai validitas yang baik, dengan menggunakan nilai *standardized loading factor* (lamda) pada gambar diatas guna melihat pengaruh langsung masing-masing indikator pada variabelnya. Pada variabel kualitas pendidikan terlihat bahwa indikator keuangan merupakan indikator yang paling dominan, hal ini terlihat indikator tersebut sebesar 0.96. Selanjutnya

indikator suasana akademik (0,95) dan sumber daya manusia (0,94). Sementara indikator lainnya seperti pengabdian masyarakat (0,35), kemahasiswaan (0,30) dan penelitian dan publikasi (0,26) dirasa belum memiliki pengaruh besar pada terbentuknya persepsi kualitas pendidikan.

Untuk variabel kepuasan lulusan, terlihat bahwa indikator harga merupakan indikator yang paling dominan dengan besar standar loading factor sebesar 0,92. Selanjutnya indikator kualitas pelayanan (0,83) dan biaya (0,64). Berdasarkan nilai *standardized loading factor* dan *measurement error* serta rumus untuk menghitung *Construct Reliability*. Terlihat dari Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai *Construct Reliability* tiap variabel laten melebihi batas ambangnya yaitu 0,70. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat reliabilitas pada tiap konstruk adalah cukup tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa indikator-indikator pada tiap konstruk cukup konsisten untuk mengukur konstruknya, yaitu

Tabel 9. Paramater Estimasi *Standardized Model Struktural Ekosgen ke Endogen*

Pengaruh	Estimate	S.E	Nilai t	Nilai p	Keterangan
Kualitas pendidikan (X) terhadap Kepuasan lulusan (Y)	0,56	0,1	5,42	0,00	Terdapat Pengaruh Positif

Sumber: Hasil analisis LISREL

variabel kualitas pendidikan dan kepuasan lulusan.

Analisis Model Struktural

Dari model struktural dapat diketahui bagaimana pengaruh antar variabel laten, dalam hal ini yaitu analisis pengaruh kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan di StiKes Respati Tasikamalya. Berdasarkan hasil output LISREL pada lampiran, berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hasil estimasi parameter *Standardized* (nilai bobot) model struktural untuk model tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan, didapat bahwa nilai $t_{hitung} = 5,42 \geq t_{tabel} = 1,66$ maka H_0 ditolak. Hal ini berarti dengan taraf signifikansi 5% dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif dari kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan. Besarnya pengaruh positif antara kualitas pendidikan terhadap kepuasan lulusan adalah sebesar 0,56.

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kualitas pendidikan dengan kepuasan mahasiswa. Artinya bahwa semakin baik kualitas pendidikan yang diberikan oleh Stikes maka akan meningkatkan kepuasan mahasiswa. Kualitas pendidikan meliputi proses pembelajaran, kurikulum program studi, sumber daya manusia, kemahasiswaan, prasarana dan sarana, suasana akademik, keuangan, penelitian dan publikasi, pengabdian pada masyarakat serta tata kelola.

Veloutsou *et al.* (2004) menemukan bahwa mahasiswa merupakan kriteria utama untuk pemilihan mutu pendidikan dan pelayanan yang diberikan di universitas. Mahasiswa merupakan salah satu *stakeholder* yang paling penting dalam dunia pendidikan. Untuk memenuhi kepuasan mahasiswa merupakan salah satu tujuan utama di bidang pendidikan. Kepuasan mahasiswa adalah sumber keunggulan kompetitif dan sumber *word of mouth* pemasaran untuk lembaga pendidikan. Kepuasan mahasiswa di bidang pendidikan

mungkin disebabkan penyediaan kualitas pelayanan di institusi. Untuk melihat apa yang memenuhi kepuasan mahasiswa, kualitas pelayanan lembaga harus diukur.

Wijaya (2012) yang mengemukakan bahwa "Kepuasan pelanggan jasa pendidikan adalah salah satu faktor penentu keberhasilan kompetisi pendidikan." Menurut Jurkowitsch, *et al* (2006) "*Student satisfaction is defined as the student's fulfilment response.*" Artinya kepuasan mahasiswa didefinisikan sebagai respon pemenuhan kebutuhan mahasiswa. Sementara itu, Alma (2003) mengemukakan bahwa "Agar bisa maju sebuah perguruan tinggi harus mampu memberikan kepuasan maksimal kepada publiknya." Dalam hal ini rektor/ketua sebagai pimpinan perguruan tinggi memiliki tanggung jawab yang besar terhadap perguruan tinggi yang dipimpinnya. Rektor /ketua harus mampu memberikan layanan yang terbaik kepada para mahasiswa sehingga tercipta rasa kepuasan dalam diri para mahasiswa. Senada dengan hal ini, Alma (2003) juga mengemukakan bahwa "Sebagai lembaga penghasil jasa, perguruan tinggi, harus memberikan pelayanan yang bermutu, dengan pimpinan yang berkualifikasi baik." Bermutu tidaknya layanan yang diberikan oleh sebuah perguruan tinggi tergantung dari pengelolaan lembaganya.

KESIMPULAN

Hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif antara kualitas pendidikan dengan kepuasan mahasiswa. Artinya bahwa semakin baik kualitas pendidikan yang diberikan oleh STIKes maka akan meningkatkan kepuasan mahasiswa. Kualitas pendidikan meliputi proses pembelajaran, kurikulum program studi, sumber daya manusia, kemahasiswaan, prasarana dan sarana, suasana akademik, keuangan, penelitian dan publikasi, pengabdian pada masyarakat serta tata kelola sedangkan kepuasan diukur dengan 5 indikator yang meliputi kualitas produk, kualitas pelayanan, faktor emosional, biaya,

dan harga. Untuk dapat meningkatkan kepuasan lulusan, maka setiap perguruan tinggi harus meningkatkan kualitas pendidikannya. Batasan dalam penelitian ini untuk responden penelitian hanya menggunakan lulusan mahasiswa Program Studi DIII Kebidanan yang lulus 2 tahun kebelakang dengan harapan masih dapat mengingat terkait kualitas pendidikan dan kepuasan yang dirasakan, dengan instrumen penilaian berupa kuesioner. Saran untuk penelitian selanjutnya dalam penyusunan instrumen penelitian sebaiknya melakukan penelitian kualitatif terlebih dahulu sehingga dapat tergali lebih dalam permasalahannya, sehingga instrumen yang digunakan dapat menjawab lebih jelas permasalahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- AHMED, I., NAWAZ, M. M., USMAN, A., SHAUKAT, M. Z., AHMAD, N. (2010). Impact of Service Quality on Customer's Satisfaction: Empirical Evidence from Telecom Sector of Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 1 (12): 98-113.
- APRILIA N. (2011). *Upaya Peningkatan Kualitas Lulusan* [tesis]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- ATHIYAMAN, A. (1997). Linking Student Satisfaction and Service Quality Perceptions: The Case of University Education. *European Journal Marketing*. 31 (7): 528-540.
- CRONIN, J. J. JR., DAN TAYLOR, S. A. (1992). Measuring Service Quality: a Reexamination and Extension. *Journal Marketing*, 56 (3): 55-68.
- DIMYATI M. (2002). Analisis Kesenjangan Antara Harapan Dengan Persepsi Atas Kualitas Jasa Pendidikan Tinggi: Kasus di FE Universitas Jember
- NARIMAWATI U. (2010). *Metodologi Penelitian: Dasar Penyusunan Penelitian Ekonomi*. Jakarta: Genesis.
- PARISEAU, SUSAN E. DAN MCDANIEL, J. R. (1997). Assessing Service Quality in Schools of Business. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 14 (3): 204-218.
- PRAMUDIARDJA. (2012). *Indonesia Akan Mengalami Surplus Bidan Pada 2015*. Jakarta. Diperoleh dari: [http://www.journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/559/483](http://health.detik.com/read/2012/02/02/132912/1832424/763/indonesia-akan-Surabaya. Jurnal Riset Ekonomi dan Manajemen, 1 (1).</p>
<p>ELU B. (2005). Manajemen Penanganan Komplain Konsumen Di Industri Jasa. <i>Jurnal Ilmu Administrasi Organisasi Bisnis Birokasi</i>. 13(3): p. 54–7.</p>
<p>EMERY, C. KRAMER, T. DAN TIAN, R. (2001). Customer vs. Product: Adopting an Effective Approach to Business Students. <i>Quality Assurance Education</i>, 9 (2): 110-115.</p>
<p>HAMIDIN D. (2008). <i>Model Customer Relationship Management (CRM) di Institusi Pendidikan. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008</i> (SNATI 2008); A-31–4. Yogyakarta: ISSN 1907–5022. Diperoleh dari: <a href=). [Diakses 21/6/11].
- HELGESEN, O., DAN NESSET, E. (2007). What Accounts for Students' Loyalty? Some Field Study Evidence. *International Journal of Educational Management*, 21 (2): 126-143.
- Ikatan Bidan Indonesia dan Asosiasi Institusi Pendidikan Kebidanan Indonesia. (2011). Naskah Akademik Sistem Pendidikan Kebidanan di Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi; Diperoleh dari: www.hpeq.dikti.go.id. [Diakses 21 Juni 2011].
- JURKOWITSCH, S ET AL. (2006). "Student Satisfaction Model for Austrian Higher Education Providers Considering Aspects Of Marketing Communications". Special Edition on Consumer Satisfaction -Global Perspective. Volume 2, Issue 3, 9-22.
- KANDAMPULLY, J. (2000). The Impact of Demand Fluctuation on the Quality of Service: A tourism Industry Example. *Managing Service Quality*, 10 (1): 10-18. mengalami-surplus-bidan-pada-2015. [Diakses 21/2/2014].
- RADNO HARSANTO, (2007), *Pengelolaan Kelas yang Dinamis*, Yogyakarta : Kanisius
- ROOIJAKKERS, (1991), *Mengajar Dengan Sukses*, Jakarta: PT. Grasindo
- SHEMWELL, D. J., YAVAS, U., DAN BILGIN, Z. (1998). Customer Service Provider Relationship: an Empirical Test of A Model of Service Quality, Satisfaction and Relationship Oriented Outcomes. *International Journal Service Industry Management*, 9 (2): 155-168.

- SINGGIH ML, RAHMAYANTI. (2008). *Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kualitas Pendidikan Pada Perguruan Tinggi*. Prosiding Seminar Nasional Teknoin; 22 November 2008; Kampus ITS Sukolilo Surabaya: Yogyakarta. ISBN: 978-979-3980-15-7; p. 133-141.
- SURESHCHANDAR, G. S., CHANDRASEKHARAN RAJENDRAN, DAN R. N. ANANTHARAMAN. (2002). The Relationship Between Service Quality and Customer Satisfaction: A Factor Specific Approach. *Journal of Services Marketing*, 16 (4): 363-379.
- TAMPUBOLON, MARIA, PERDANI SUKMANINGRUM, DAN SERLI WIJAYA. (2007). Analisa Kepuasan Senior Market Terhadap Kualitas Layanan di Hotel Bintang 4 dan Bintang 5 di Surabaya. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, 9 (2): 135-143.
- VELOUTSOU, C., LEWIS, J. W., PATON, R. A. (2004). University Selection: Information Requirements and Importance. *International Journal of Educational Management*, 18 (3): 160-171.
- WEI, CHUAH CHIN, AND SUBRAMANIAM SRI RAMALU. (2011). Student Satisfaction toward the University: Does Service Quality Matters?. *International Journal of Education*. Vol 3, No 2.

PERANCANGAN MATERIAL CORAN BAJA *LINK TRACK* UNTUK BUCKET WHEEL EXCAVATOR BATUBARA

MATERIAL DESIGN OF *LINK TRACK* STEEL CASTING FOR COAL BUCKET WHEEL EXCAVATOR

Beny Bandanadjaja¹ dan M. Achyarsyah²

Jurusan Teknik Pengecoran Logam. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jl. Kanayakan 21 Dago Bandung

HP: 081320006152¹

Email: benybj@yahoo.com¹

ABSTRACT

Link Track is a spare part of Bucket Wheel Excavator at Bukit Asam coal mine in West Sumatra. The spare part was previously imported from Germany or India. The development of this product has been recommended by the user of PT Bukit Asam Muara Enim to substitute the imported product. On this research the material design of *Link Track* has been obtained by Polman Bandung. The methods are included of material design and process, sampel cast, heat treatment, mechanical testing and metalography examination. the result shown that the best composition of high tensile steel with alloying of Ni, Cr and Mo can reach high tensile strength which is proper for *Link Track* application. The heattreatment process which can obtain that result come from Normalizing process and followed by double reheating process of 650 °C then second reheat on 650 °C. The mechanical properties which is found is 683 Mpa, yield strength of 525 Mpa and elongation of 20 %.

Keywords: *link track*, steel, double reheating

ABSTRAK

Link Track merupakan salah satu spare part pada Bucket Wheel Excavator (BWE) di Tambang batu bara Bukit Asam. Spare part ini diperoleh dengan cara diimpor dari Jerman atau India. Pengembangan produk dalam rangka substitusi import *Link Track* yang digunakan di industri hulu batu bara yang telah di rekomendasikan oleh PT Bukit Asam Muara Enim Sumatera Selatan sebagai penggunaannya. Pada penelitian ini telah dilakukan kegiatan perancangan jenis material yang tepat untuk *Link Track*. Metode yang dikembangkan meliputi analisis pembebanan perancangan material dan proses, pengecoran sampel material, perlakuan panas dan pengujian mekanik serta pemeriksaan metalografi. Hasilnya diperoleh bahwa komposisi material baja berkekuatan tinggi (*High Tensile Steel*) dengan paduan Ni, Cr dan Mo dapat mencapai porsi kekuatan mekanik yang sesuai dengan penggunaan *Link Track*. Proses perlakuan panas yang paling tepat menghasilkan kombinasi kekuatan dan elongasi adalah proses Normalising diikuti oleh pemanasan kembali pada 650 °C dilanjutkan dengan pemanasan kedua temperatur 650 °C. Sifat mekanik yang dapat dicapai yaitu kekuatan tarik sebesar 683 Mpa kekuatan yield sebesar 525 Mpa dan elongasi sebesar 20%.

Kata kunci: *link track*, baja, pemanasan ganda

PENDAHULUAN

Produk coran *Link Track* yang merupakan salah satu bagian pada *Bucket Wheel Excavator* (BWE) di Bukit Asam, Lampung. Produk ini aslinya selalu diperoleh dengan cara diimpor dari Jerman atau India. BWE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, adalah alat berat yang memiliki dimensi sangat besar, digunakan pada tambang terbuka seperti penambangan batu bara di Bukit Asam. BWE memiliki roda berputar yang sangat besar dan dipasangkan kepada lengan. Ujung roda ini kemudian dipasangi semacam ember besi (Bucket) dengan gigi-gigi logam (*teeth*) dipinggiran *bucket* yang berfungsi untuk mengeruk batu bara di

permukaan (Wikipedia, 2015). *Link Track* (Gambar 1.) digunakan sebagai bantalan untuk pemegang roda rantai BWE. BWE sendiri memiliki dimensi yang sangat besar tentunya mengakibatkan beban yang diterima oleh bagian rantai roda cukup besar.

Latar belakang permasalahan dalam pembuatan produk *Link track* adalah benda ini memiliki dimensi coran yang cukup tebal dan bentuknya yang relatif rumit sehingga perlu lebih teliti dalam membuat perancangan corannya. Hal lain menjadi permasalahan adalah penentuan jenis baja cor khusus yang sesuai dengan aplikasinya di lapangan. Hal tersebut merupakan permasalahan yang

menjadikan produk ini perlu mendapatkan perhatian dan penelitian lanjut dalam rangka usaha-usaha untuk dapat memproduksi *Link Track* yang memenuhi spesifikasi standar. Pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah: Bagaimana membuat produk link track melalui proses pengecoran logam yang bebas dari cacat berupa susut tuang (*shrinkage*). Dalam hal ini berkait dengan rancangan disain pengecoran yang tepat untuk mendapatkan kualitas coran yang bebas susut tuang telah diteliti oleh Firmansyah dan Achyarsyah (2010). Selain itu bagaimana memperoleh material yang tepat untuk dijadikan bahan dasar pembuatan produk cor link track. Material yang digunakan harus dapat menahan beban berat bodi BWE dan gesekan akibat penggunaannya. Hal ini berkaitan dengan disain pemilihan komposisi material dan proses perlakuan panas yang tepat untuk mendapatkan sifat mekanis yang cocok untuk aplikasi link track. Fokus penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah perancangan material yang tepat untuk digunakan pada aplikasi Link Track.

Polman Bandung merupakan Politeknik Negeri yang berada di Bandung Jawa Barat. Sebagai satu-satunya Perguruan Tinggi Negeri yang memiliki fasilitas pendidikan pengecoran logam, Polman Bandung telah banyak menerima permintaan untuk pengembangan produk cor dari industri di berbagai daerah di Indonesia. Polman Bandung telah mengembangkan pembuatan produk cor berupa spare part yang digunakan oleh PT Bukit Asam ini sejak tahun 2000. Beberapa produk telah digunakan oleh PT Bukit Asam sebagai *spare part* pengganti. Salah satu contohnya adalah penggunaan produk *Bucket Teeth* yang sudah di gunakan

oleh PT Bukit Asam, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Material link track yang asli menggunakan material jenis austenitic manganese steel. Standar material **DIN GX 120 Mn 12** atau **ASTM A128 / A128M - 93(2012)**. Berdasarkan Gambar teknik yang dimiliki oleh pengguna material asli memiliki sifat mekanik kuat tarik (σ_u) = **600 N/mm²** dan kuat yield (σ_y) = **300 N/mm²**, elongasi (e) = 25% (JIS G 5131:2008, 1995). Austenitic manganese steel memiliki struktur mikro austenit. Struktur mikro ini memiliki sifat lunak dan tidak bisa dikeraskan lagi melalui proses perlakuan panas. Struktur austenit cocok untuk beban dengan impact tinggi dan abrasive dimana struktur akan berubah menjadi martensit akibat beban impact, dengan demikian ketahanan abrasivenya menjadi tinggi (KEY to METALS Articles, 2015).

Dalam aplikasinya link track tidak mengalami beban impact yang tinggi. Link track mengalami beban tekan dan tarik. Posisi tekanan terbesar pada saat link track bertemu sprocket penggerak, tekanan pada permukaan pertemuan mengakibatkan link track terdeformasi plastis. Gambar. 3. menunjukkan posisi tekanan sproket pada link track yang mengakibatkan terdeformasi plastisnya dan rusaknya bagian link track yang menjadi penumpu.

Untuk meningkatkan ketahanan terhadap deformasi maka material tidak boleh terlalu lunak. Namun bila dikeraskan seluruhnya maka material akan cenderung getas (*brittle*) dan dapat menjadi patah akibat beban bodi BWE. Untuk itu perlu dirancang material yang memiliki kemampuan dikeraskan. Pengerasan yang dilakukan tidak seluruhnya

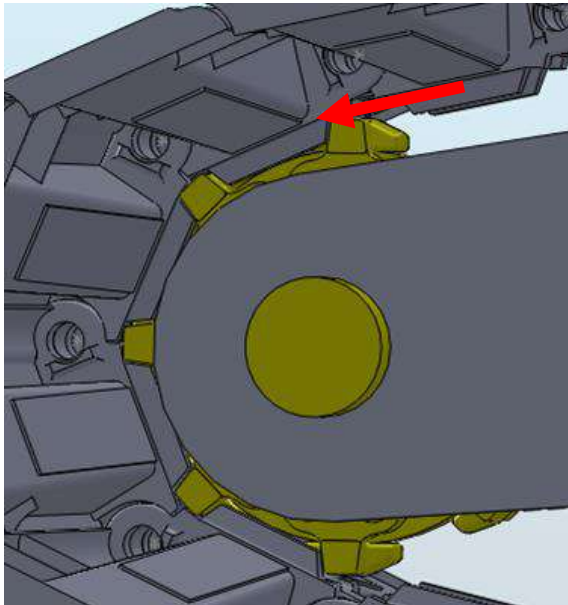


Gambar 1. Bucket Wheel Escavator dan Spare Part Link Track

Sumber: penulis



Gambar 2. Bucket Teeth Produk Polman pada BWE di PT Bukit Asam
 Sumber: penulis



Gambar 3. Daerah Pertemuan Link Track – Sproket yang Cepat Aus dan Rusak
 Sumber: penulis

namun hanya pada posisi tumpuan tersebut. Proses pengerasan dapat menggunakan metode flame hardening atau *induction*

hardening. Oleh karenanya untuk dapat dikeraskan material harus memiliki struktur non austenitic. Namun juga memiliki kekuatan

tinggi dan elongasi yang cukup. Material yang dipilih adalah jenis baja berkekuatan tinggi dengan paduan Ni, Cr dan Mo. Standar material digunakan adalah AISI 4340. Komposisi material berdasarkan sumber ASM Handbook Vol 1 (1990) seperti yang ditunjukkan pada Tabel. 1 (ASM International, 1990).

Sifat mekanik material AISI 4340 ini berdasarkan sumber ASM Handbook Vol 1 (1990) dapat dilihat pada Tabel. 2

Nampak pada Tabel 2 sifat mekanik AISI 4340 hasil hardening tempering memiliki kekuatan yang sangat tinggi, σ_u sampai 1080 Mpa, sementara elongasinya relatif rendah yaitu hanya 12 % min. Dapat dilihat kebutuhan untuk kekuatan material link track dari sifat material asli yaitu hanya 600 Mpa namun dengan elongasi tinggi sebesar 25%. Oleh karena itu material AISI 4340 perlu dimodifikasi sifatnya melalui perlakuan panas. Targetnya adalah material AISI 4340 ini memiliki *bulk properties* dengan kekuatan min. 600 Mpa dan elongasi 25%. Selanjutnya daerah tumpuan pertemuan link track dan sproket nantinya dapat dikeraskan melalui proses pengerasan permukaan.

Perancangan material yang akan dibuat untuk kebutuhan Link Track harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Dari segi kekuatan masif (*Bulk Properties*) material asli sudah cukup baik. Untuk itu material rancangan baru harus memiliki kekuatan cukup dengan nilai min. 600 Mpa.
- Dari segi ketahanan terhadap deformasi plastis, nampak material kurang baik menerima beban sehingga pada lokasi terkena tekanan tinggi (daerah tumpuan sproket) terjadi deformasi dan aus. Oleh karena itu material yang dirancang harus memiliki kekuatan yield yang lebih tinggi dari 300 Mpa.

Untuk ketangguhan material maka elongasi tidak boleh rendah (Dieter, 1976). Pada kondisi material asli elongasi 25% namun perlu dilihat juga kekuatan yield yang hanya 300 Mpa, bila kekuatan yieldnya akan ditingkatkan tentu dapat menurunkan elongasinya. Dengan demikian setidaknya dapat dicapai elongasi minimal 20 %. Sifat-sifat tersebut dapat diperoleh setelah material diberi perlakuan panas. Oleh karena itu rangkaian eksperimen perlakuan panas yang meliputi normalising dan pemanasan kembali dilaksanakan dalam penelitian ini. Sampai diperoleh kondisi yang paling baik untuk mencapai persyaratan sifat mekanik material yang akan dicapai.

Tujuan penelitian secara umum adalah untuk menghasilkan produk cor *Link Track* berkualitas tinggi dan mampu bersaing dengan produk impor. Produk coran yang berkualitas tinggi disini adalah bebas porositas/susut cor (*shrinkage*) dan memiliki kualitas material yang sesuai dengan kebutuhannya (Stefanescu, 1988). Tidak hanya dalam skala prototipe tujuan akhirnya adalah produk cor *Link Track* yang dikembangkan akan dapat digunakan oleh PT Bukit Asam. Tujuan spesifik yang akan dicapai pada penelitian ini adalah diperoleh jenis material dan rancangan proses perlakuan material yang tepat untuk dapat digunakan sebagai material Link Track.

Apabila pembuatan produk cor *Link Track* ini berhasil maka produk cor hasil pengembangan Polman ini menjadi produk *Link Track* dalam negeri pertama yang digunakan di PT Bukit Asam. Pada akhirnya, dari keberhasilan memproduksi barang substitusi impor ini, dapat di informasikan kepada industri-industri yang menggunakan produk coran sehingga dapat memenuhi kebutuhan akan *spare part* mesinnya dari

Tabel 1. Komposisi Kimia AISI 4340

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	≤ 0.035	≤ 0.04	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30

Sumber: ASM Handbook Vol 1 (1990)

Tabel 2. Sifat Mekanik AISI 4340

Section mm	0.2% Proof Stress MPa	Tensile Strength MPa	Elongation On 5.65√So %	Izod	Charpy	Hardness HB
up to 100	740 min	930 – 1080	12 min	47 min	42 min	269 – 331

Sumber: ASM Handbook Vol 1 (1990)

produk dalam negeri, yang memiliki kualitas bersaing dengan harga yang tentunya lebih murah.

Beberapa hal penting yang merupakan dampak positif dari luaran penelitian yang diperoleh adalah:

- Hasil penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi dalam memproduksi produk baja cor *Link Track* bagi PT. Bukit Asam, maupun industri-industri lain yang menggunakan produk sejenis.
- SOP (*Standard Operational Procedures*) dari hasil penelitian ini dapat digunakan untuk perancangan baja cor lainnya, yang memiliki spesifikasi material maupun dimensi yang serupa dengan *Link Track* ini.
- Industri di Indonesia khususnya yang menggunakan produk cor sejenis, memiliki alternatif produk dalam negeri.

METODE

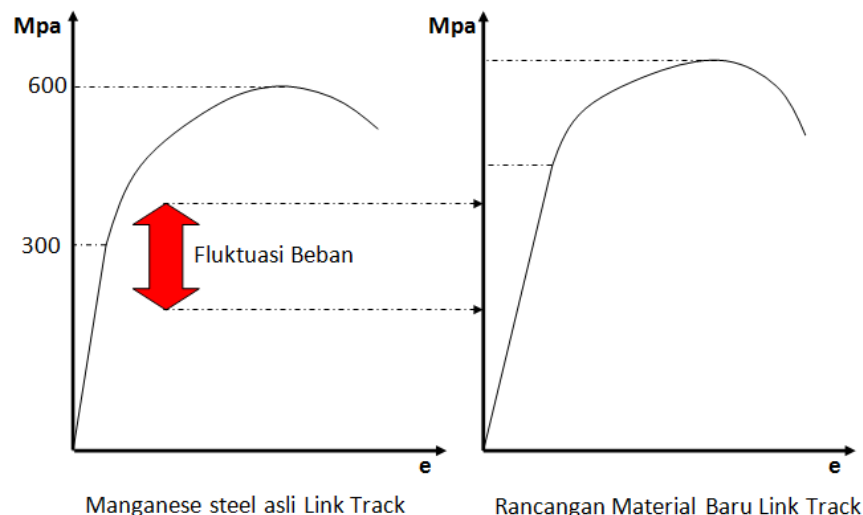
Metode penelitian yang digunakan berupa perancangan material dan proses eksperimental untuk mendapatkan hasil optimal. Untuk itu maka disusun serangkaian kegiatan dengan langkah metode sebagai berikut:

- Pengumpulan data teknis dan spesifikasi *Link Track*
- Analisis Pembebanan

- Perancangan material *Link Track* dengan sifat mekanis yang sesuai dengan tuntutan penggunaannya
- Pengecoran material untuk *Link Track* hasil rancangan dalam bentuk Y Block
- Variasi proses perlakuan panas untuk mendapatkan sifat mekanik yang terbaik
- Pengujian sifat mekanik bahan yang dihasilkan (uji tarik, kekerasan, dampak dan struktur mikro)
- Analisis hasil
- Kesimpulan

Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui posisi pembebanan dan besar beban yang diterima oleh *link track*. Melalui analisis pembebanan maka dapat diperoleh lokasi pembebanan maksimum yang diterima oleh *link track*. Dengan demikian dapat dirancang proses perlakuan material yang tepat untuk mengatasi beban tersebut.

Konsep perancangan material mengacu kepada kebutuhan sifat mekanik material *Link Track*. Gambar 4. menunjukkan konsep perancangan material baru yang akan dibuat. Fluktuasi beban yang terjadi diperkirakan berada sampai daerah plastis, hal ini dapat diketahui dari indikasi adanya daerah-daerah yang terdeformasi plastis, yaitu daerah tumpuan *link track* dan sproket penggerak. Dengan demikian material baru harus memiliki kekuatan yield diatas material aslinya, namun elongasi tetap dapat



Gambar 4. Konsep Rancangan Sifat Material Baru untuk *Link Track*

Sumber: penulis / hasil penelitian

dipertahankan (Dieter, 1976). Material yang dipilih untuk mendapatkan kekuatan tinggi dan elongasi yang baik adalah jenis baja high tensile steel paduan Ni, Cr dan Mo.

Dalam mempertahankan elongasi material dapat digunakan metode modifikasi sifat melalui perlakuan panas (Thelning, 1984). Material hasil cor akan diberi perlakuan normalising kemudian pemanasan I pada 650 °C. Selanjutnya diikuti dengan pemanasan II dengan variasi 650 °C, 450 °C dan 250 °C. Material sampel dicor dengan komposisi AISI 4340 dalam bentuk Y Block. Kemudian dipotong dan dibuat sampel uji untuk perlakuan panas. Setelah mengalami proses perlakuan panas kemudian dilakukan pengujian struktur mikro, pengujian tarik dan kekerasan. Hasilnya dianalisis dan dapat diperoleh kesimpulan.

Untuk mengetahui sifat mekanik untuk setiap tahapan proses maka perlu dilakukan pengujian pada masing-masing tahapannya. Dengan demikian sampel uji yang dibuat menjadi sebagai berikut:

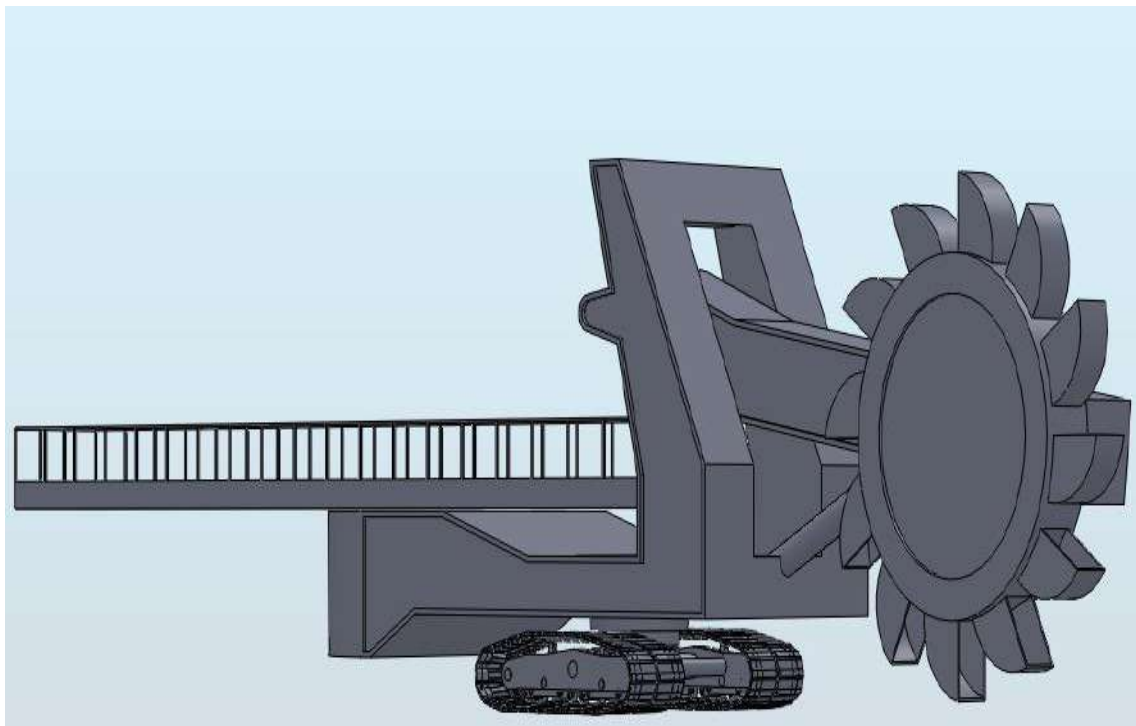
- Sampel 1 → diambil dari hasil cor dalam kondisi as-cast
- Sampel 2 → diambil dari hasil cor yang sudah diberi perlakuan normalising

- Sampel 3 → diambil dari hasil cor yang sudah diberi perlakuan normalising - pemanasan 650
- Sampel 4 → diambil dari hasil cor yang sudah diberi perlakuan normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 650
- Sampel 5 → diambil dari hasil cor yang sudah diberi perlakuan normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 450
- Sampel 6 → diambil dari hasil cor yang sudah diberi perlakuan normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 250

HASIL DAN PEMBAHASAN

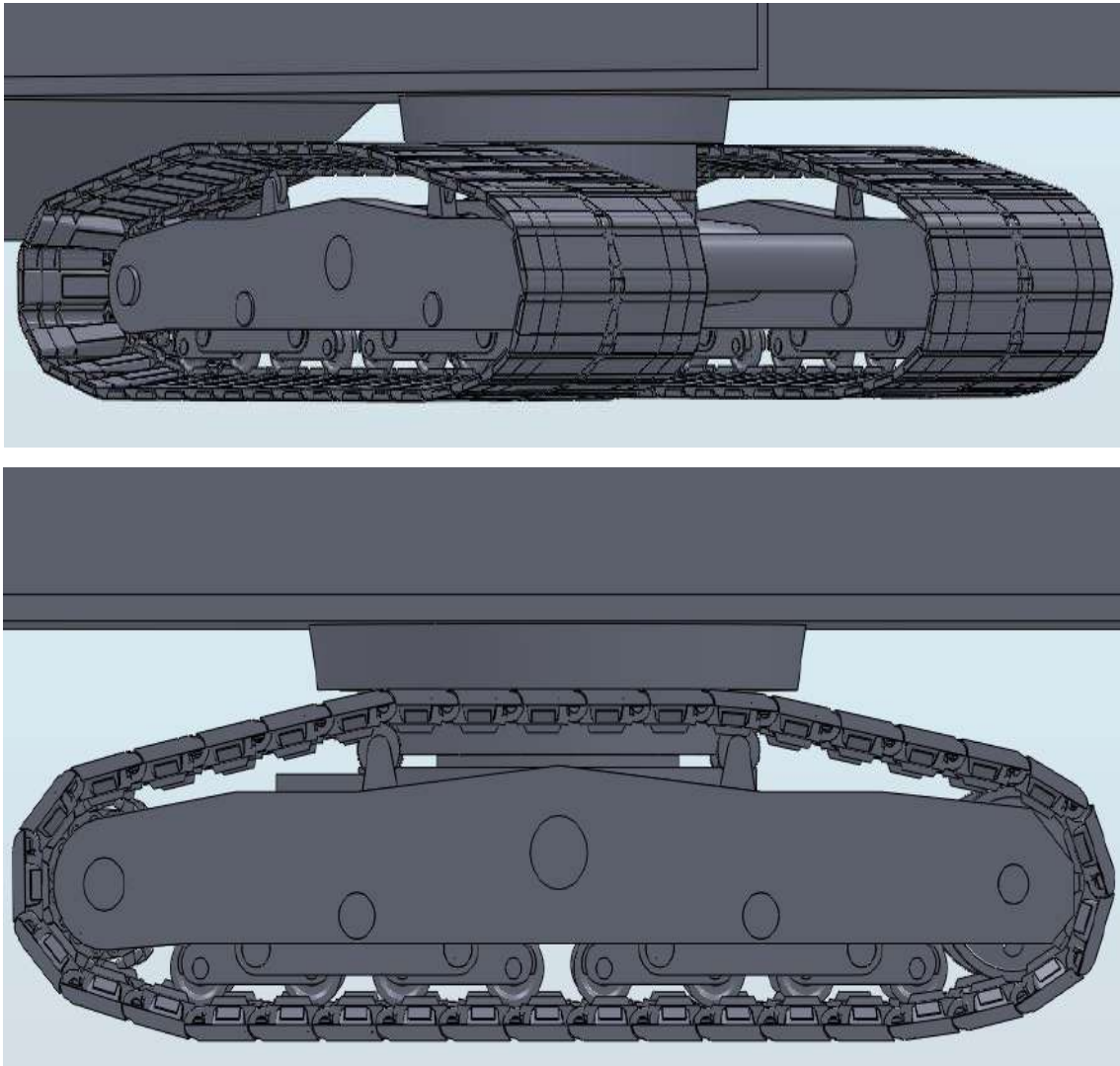
Simulasi Pembebanan

Analisis pembebanan dilakukan untuk mendapatkan informasi seberapa besar tegangan yang terjadi pada Link Track. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat model BWE. Gambar. 5. menunjukkan model Bucket Wheel Excavator (BWE) yang disederhanakan untuk mempermudah analisis pembebanan. Analisis pembebanan dilakukan menggunakan simulasi komputer (CAE/Computer Aided Engineering) (Solidwork, 2010).



Gambar 5. Model BWE

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 6. Rantai Bucket Wheel Excavator

Sumber: penulis/ hasil penelitian

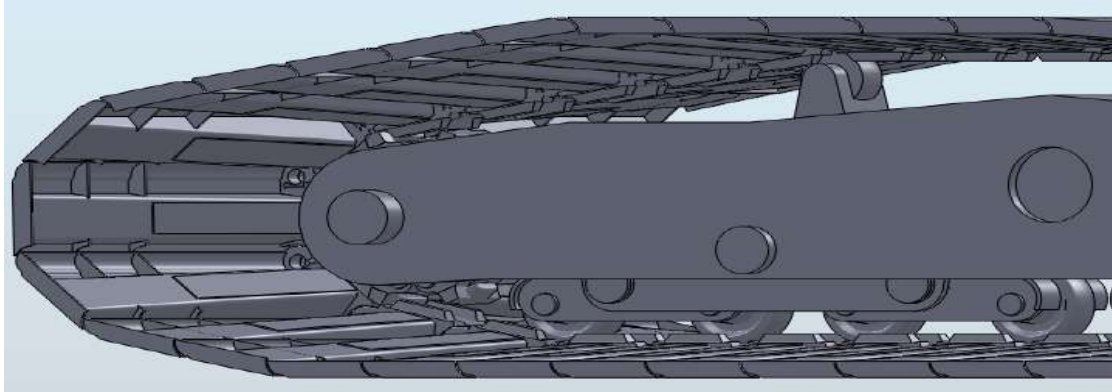
Berdasarkan data yang diperoleh Bucket Wheel Excavator berjalan pada kedua link track, beban yang harus ditahan oleh link track adalah sebesar 820 Ton. Untuk bagian rantai dan beberapa part yang bertautan dengan link track digambar dengan lebih detail. Gambar-gambar berikut memperlihatkan detail dari link track dan rantai roda.

Link track satu sisinya dirangkai sebanyak 35 buah sehingga menyusun rantai. Link track dan sayapnya di assy dengan cara las, dimana link track posisinya ditengah-tengah. Bagian yang bersentuhan dengan link track yaitu roda penahan ada sebanyak 8 buah pada tiap sisi.

Dengan demikian perhitungan beban pada tiap roda penahan adalah :

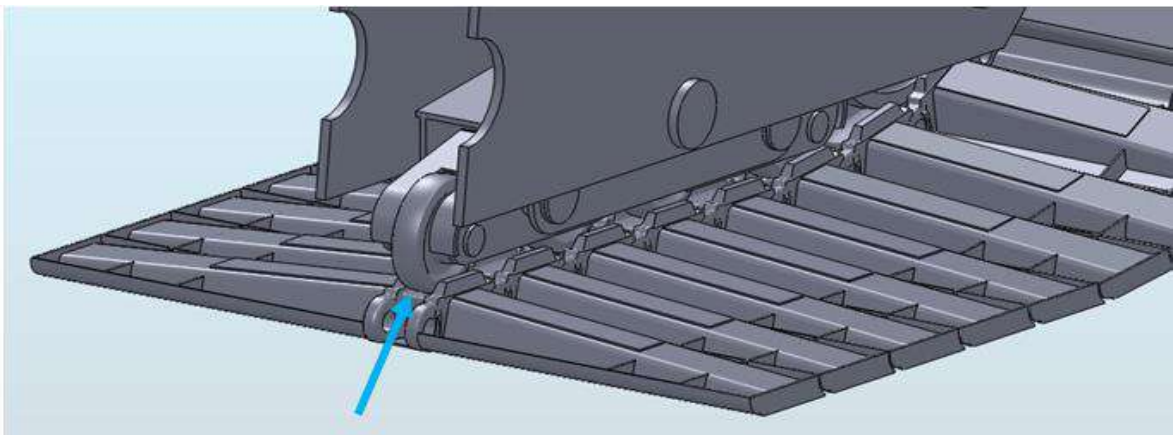
$$W = \frac{820.000 \cdot 10}{16} = 512.500 \text{ N}$$

Gambar. 8. menunjukkan posisi roda penekan yang bersentuhan dengan link track. Dengan posisi tersebut roda penahan ini yang memberikan gaya terhadap link track. Posisi roda penekan dan link track dapat disimulasikan sehingga dapat diperoleh distribusi tegangan yang terjadi. Gambar. 9. menunjukkan diagram benda bebas roda penekan dan link track



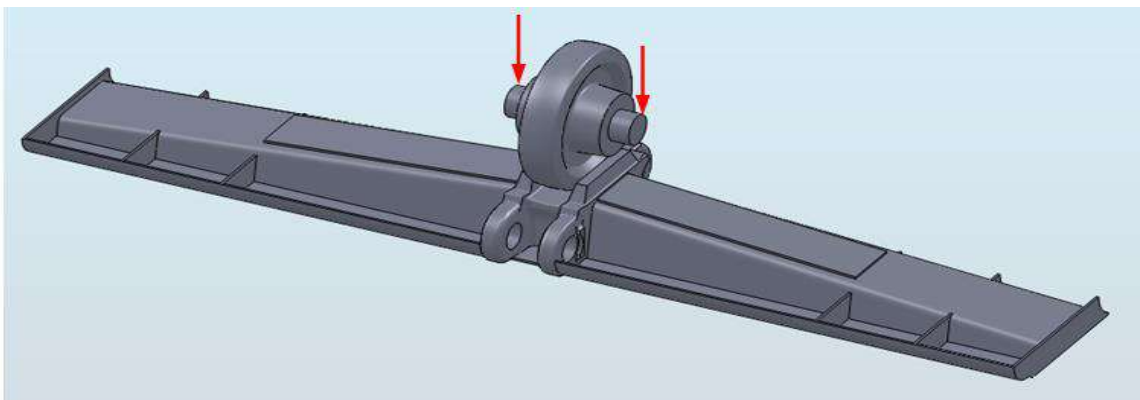
Gambar 7. Roda Penahan dan Link Track

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 8. Roda dan Link Track Saling Menekan

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 9. Diagram Benda Bebas Roda dan Link Track

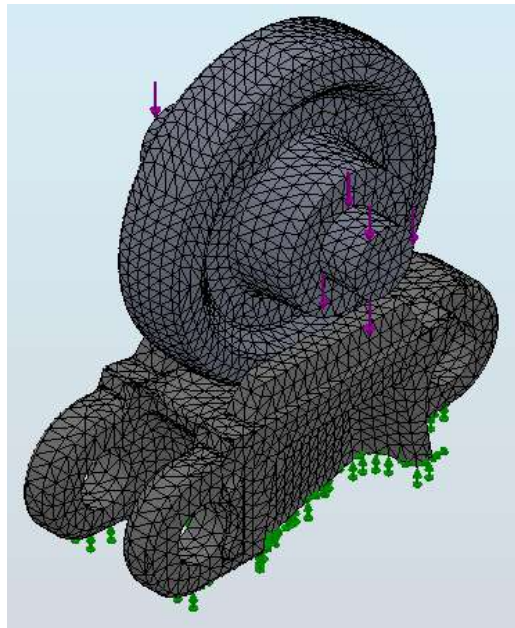
Sumber: penulis / hasil penelitian

Selanjutnya dilakukan meshing dan penentuan kondisi batasnya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 10.

Selanjutnya dilakukan simulasi pembebanan dengan memasukkan data input gaya akibat beban body BWE. Hasil simulasi diperoleh Distribusi tegangan dengan kondisi pembebanan statik seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 11.

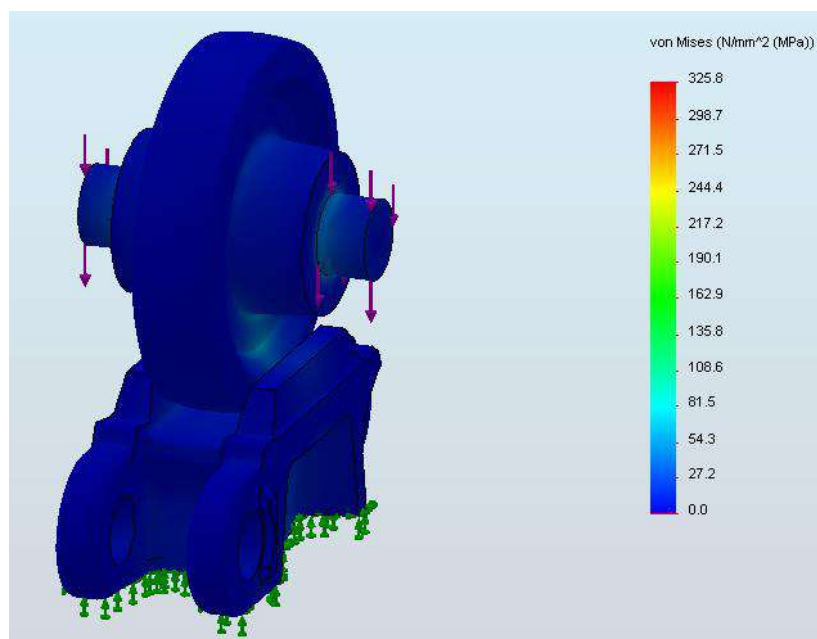
Tegangan terbesar terjadi pada sisi roda penahan, pada daerah yang kontak langsung tegangan yang terjadi sekitar 200 Mpa, ditunjukkan pada Gambar 12.

Selain gaya statik ada gaya akibat tarikan sprocket penggerak. Perhitungan gaya tekan dan gaya tarik akibat sprocket ditunjukkan pada Gambar. 13.



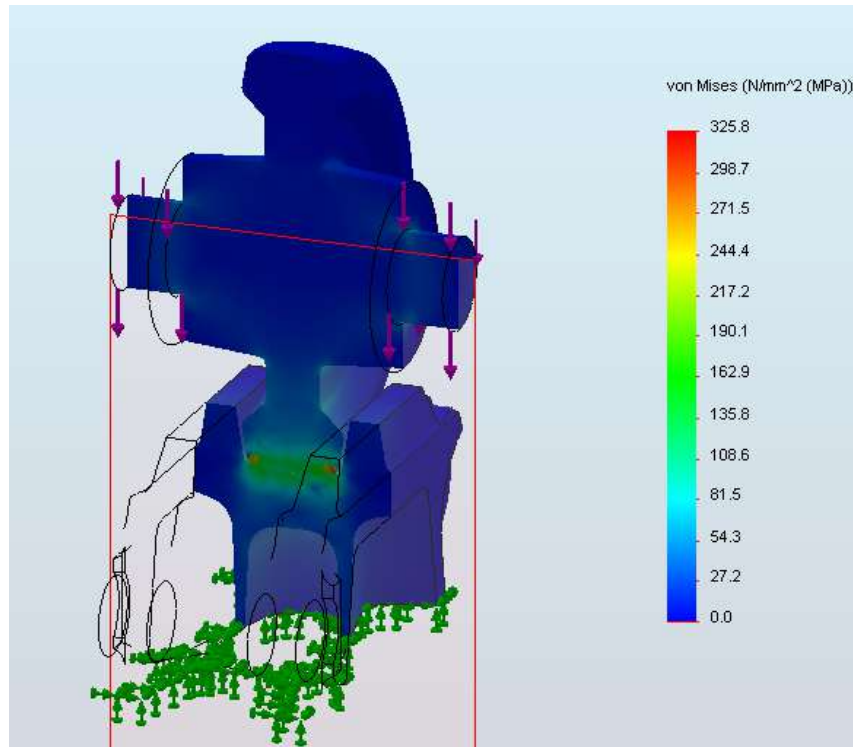
Gambar 10. Meshing Roda Penekan dan Link Track

Sumber: penulis / hasil penelitian



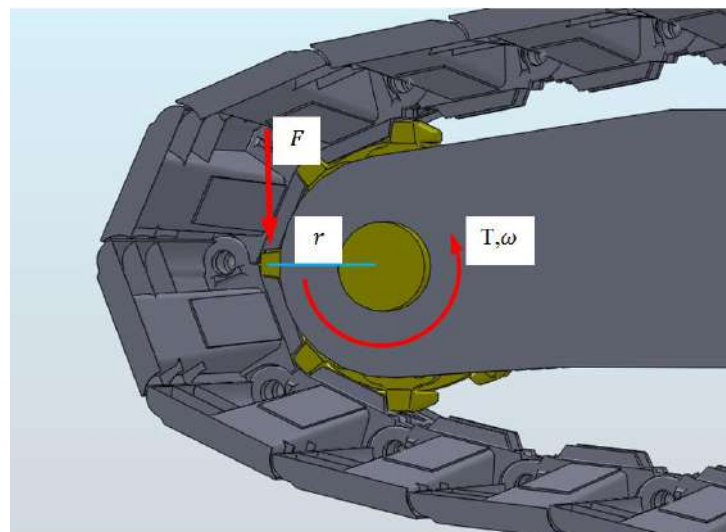
Gambar 11. Distribusi Tegangan

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 12. Tegangan Terbesar

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 13. Gaya Akibat Putaran Sprocket Penggerak

Sumber: penulis / hasil penelitian

Dari data yang diperoleh daya motor sebesar 90 kW, maka:

$$\text{Daya, } P = T\omega = T \frac{2\pi N}{60}$$

Torsi yang terjadi, jika asumsi putaran roda adalah 1 rpm dan daya motor yang terpakai 80% adalah:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} = \frac{60 \cdot 90.000 \cdot 0,8}{2\pi \cdot 1} = 687.549,3 \text{ Nm}$$

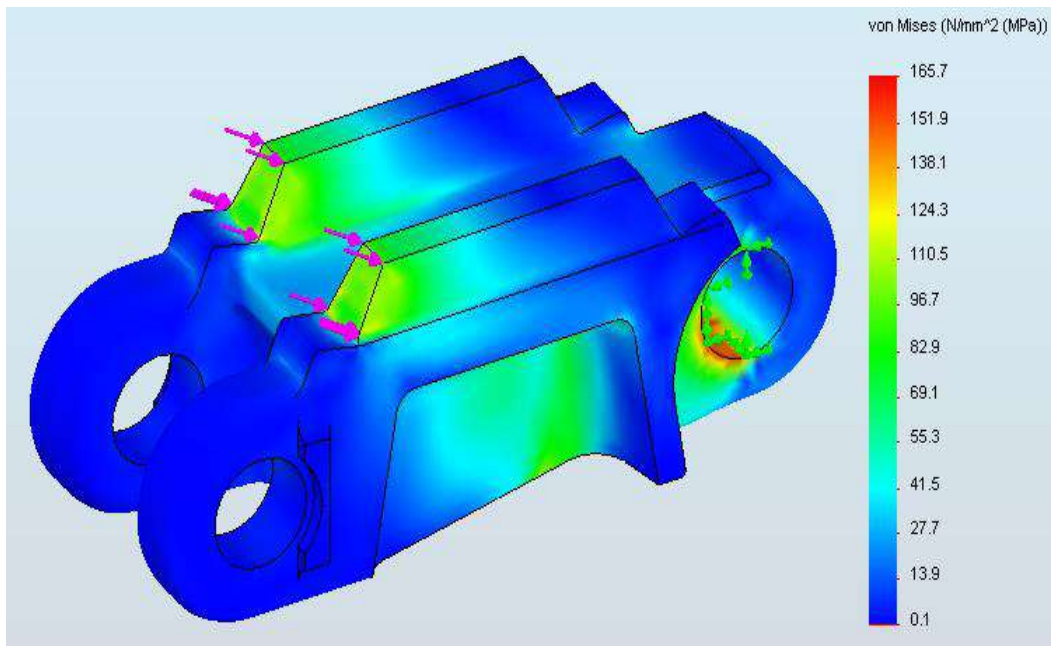
Gaya yang terjadi pada sprocket, jika jari-jari sprocket 0,7 m adalah:

$$F = \frac{T}{r} = \frac{687.549,3}{0,7} = 982.213 \text{ N}$$

Dari penetapan kondisi diatas maka diperoleh distribusi tegangan akibat putaran tenaga motor pada sproket. Gambar. 14 menunjukkan distribusi tegangan yang terjadi. Besar tegangan pada daerah kontak seperti yang ditunjukkan oleh panah merah antara sproket dan link track sekitar 125 MPa.

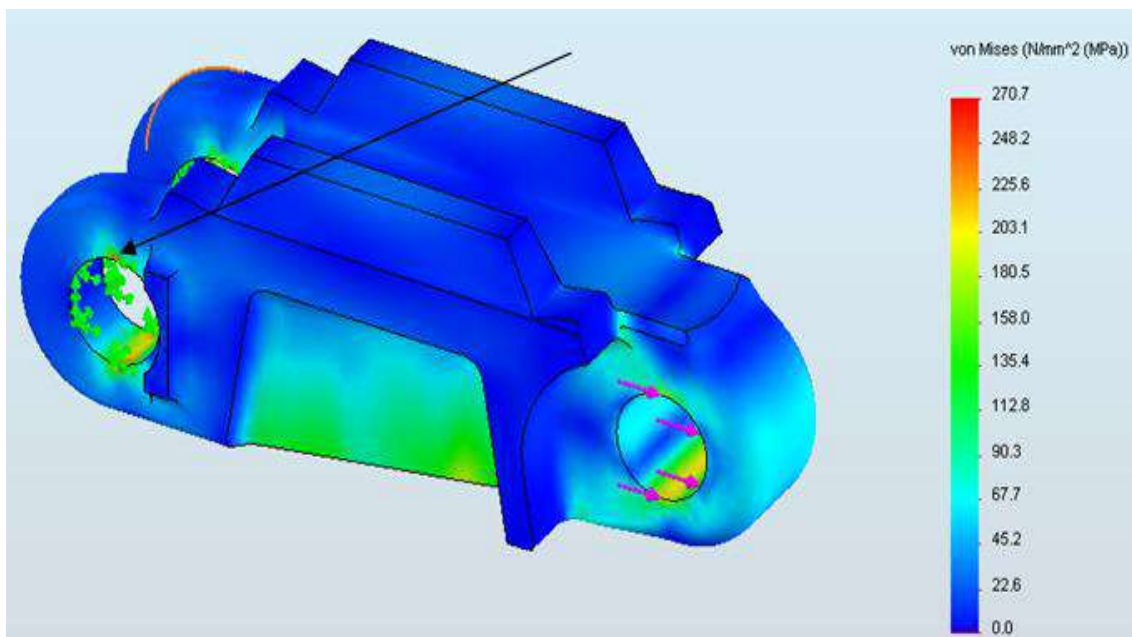
Pada kondisi pemutaran oleh sproket penggerak maka link track pada bagian atas mengalami tarikan, Gambar. 15. berikut adalah distribusi tegangan yang terjadi

Besar tegangan maksimum yang terjadi 270 MPa pada daerah kecil di sisi luar, pada bagian dalamnya sebesar 205 MPa.



Gambar 14. Distribusi Tegangan Akibat Putaran Sproket

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 15. Distribusi Tegangan Akibat Tarikan Pada Link Track Bagian Atas

Sumber: penulis / hasil penelitian

Perancangan Material

Material dasar mengacu pada komposisi AISI 4340 kemudian dicor dalam bentuk sampel uji. Kemudian hasil cor diberikan perlakuan panas dengan variasi sebagai berikut:

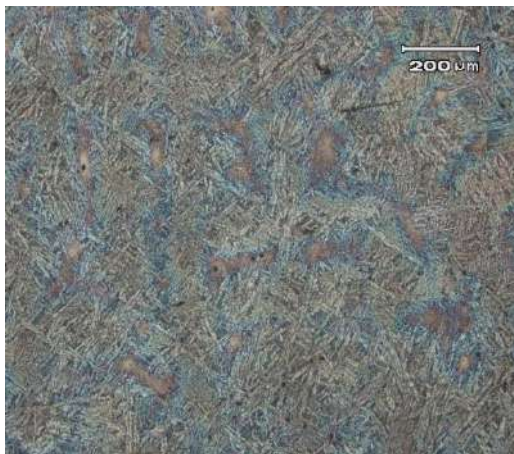
- Sampel 1 → kondisi as-cast
- Sampel 2 → kondisi proses normalising
- Sampel 3 → kondisi proses Normalising - pemanasan 650
- Sampel 4 → kondisi proses Normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 650
- Sampel 5 → kondisi proses Normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 450
- Sampel 6 → kondisi proses Normalising - pemanasan I 650 - pemanasan II 250

Hasil pengamatan struktur mikro sebagai berikut:

Struktur mikro sampel 1 as-cast adalah bainit (B) dan perlit (P) (ASM Handbook Vol 9, 1990), ditunjukkan pada Gambar. 16.

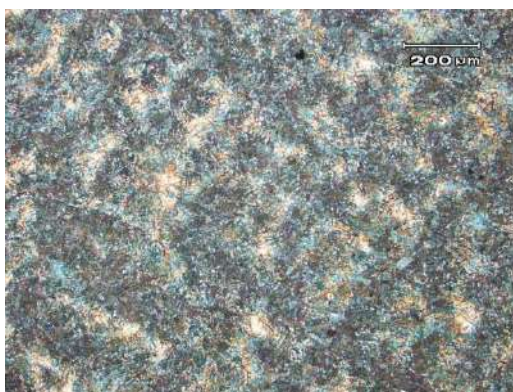
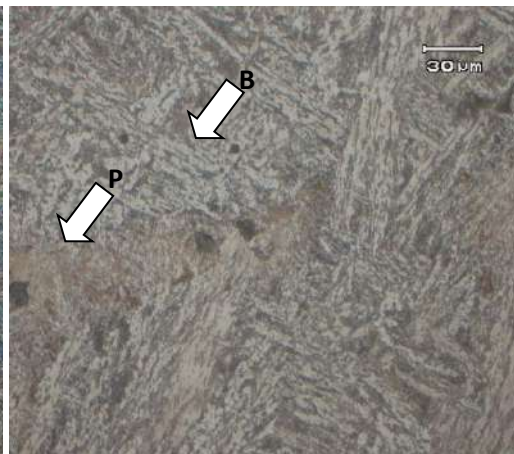
Struktur mikro sampel 2 as normalising adalah perlit (P), bainit (B) dan martensit (M). Martensit berada pada batas butir, nampak pada Gambar. 17. Struktur mikro sampel 3 as normalising-pemanasan 650 berupa perlit (P), bainit (B) dan martensit temper (MT), nampak pada Gambar. 18.

Struktur mikro sampel 4 as normalising-pemanasan I 650-pemanasan II 650 berupa perlit (P), bainit (B) dan martensit temper (MT) dengan kondisi martensit temper yang semakin tipis, nampak pada Gambar. 19. Struktur mikro sampel 5 as normalising-pemanasan I 650-pemanasan II 450 berupa perlit (P), bainit (B) dan martensit temper (MT), nampak pada Gambar. 20.

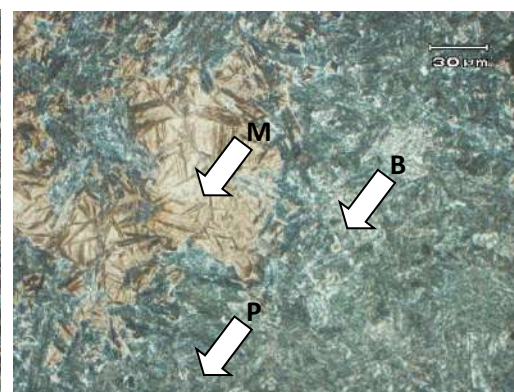


Gambar 16. Struktur Mikro as-Cast

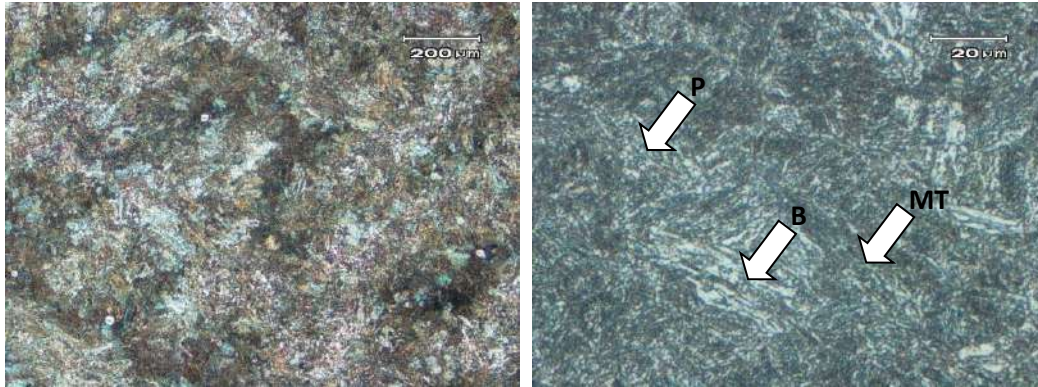
Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 17. Struktur Mikro As Normalising

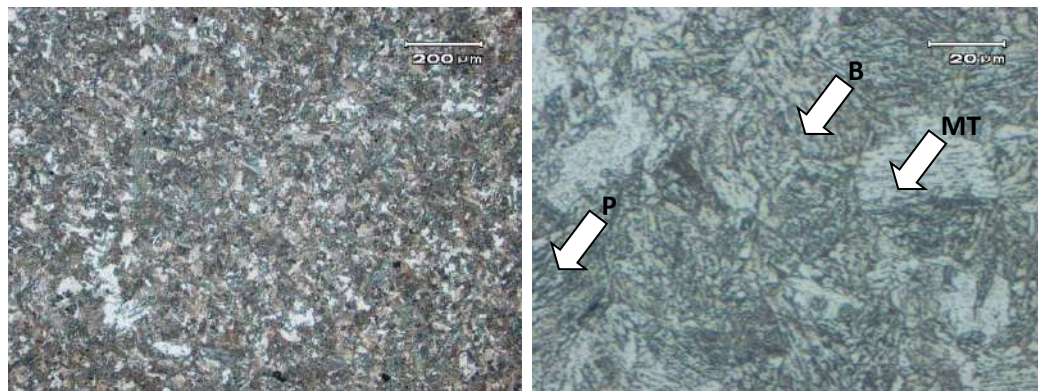


Sumber: penulis / hasil penelitian



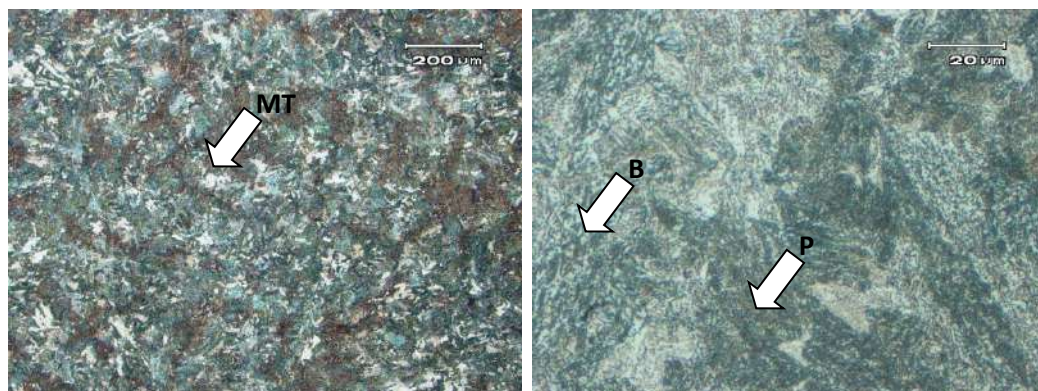
Gambar 18. Struktur Mikro as Normalising-Pemanasan 650

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 19. Struktur Mikro as Normalising-Pemanasan I 650 - Pemanasan II 650

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 20. Struktur Mikro as Normalising-Pemanasan I 650-Pemanasan II 450

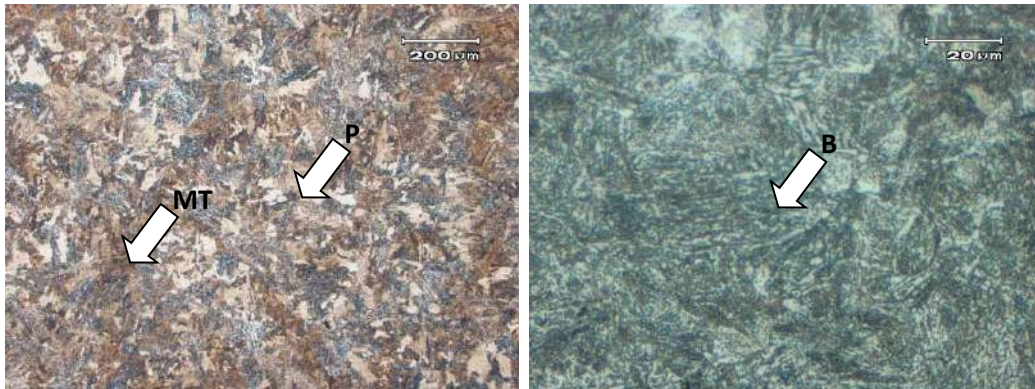
Sumber: penulis / hasil penelitian

Struktur mikro sampel 6 as normalising-pemanasan I 650-pemanasan II 250 berupa perlit (P), bainit (B) dan martensit temper (MT) nampak pada Gambar. 21

Selain pemeriksaan struktur mikro juga dilakukan pengujian kekerasan pada sampel sebagai berikut:

Hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Tabel. 3.

Grafik hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Gambar 22. Nampak terjadi embrittlement pada pemanasan di temperatur 450 °C dan 250 °C.

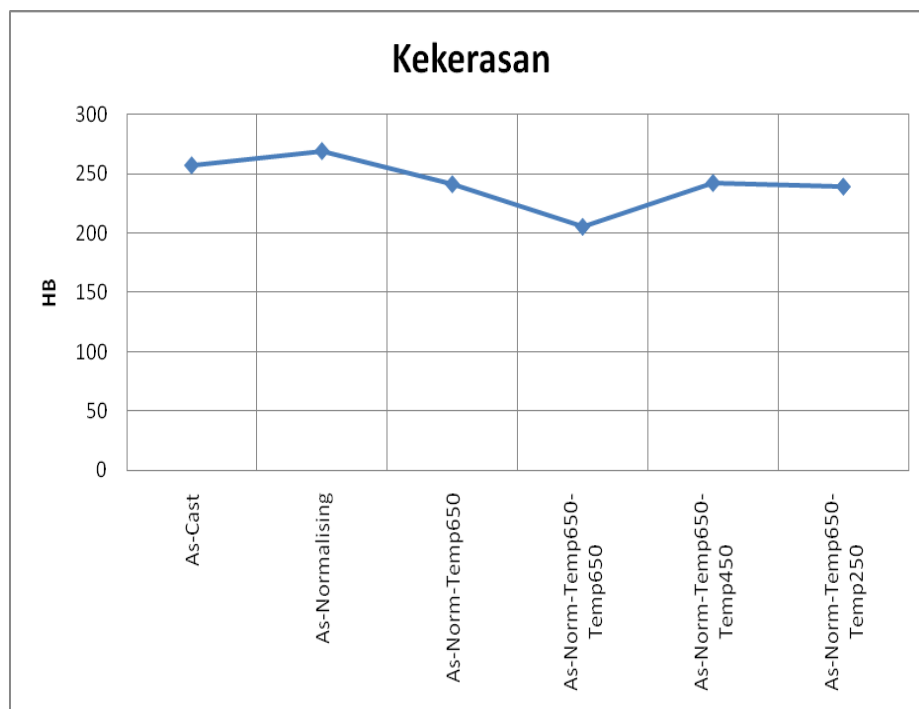


Gambar 21. Struktur Mikro as Normalising-Pemanasan I 650-Pemanasan II 250
Sumber: penulis / hasil penelitian

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan

No.	Sampel	HRC / HRB	Konversi HB
1	As-Cast	25,4 HRC	257 HB
2	As-Normalising	27,2 HRC	269 HB
3	As-Norm-Pemns*)650	22,6 HRC	241 HB
4	As-Norm-Pemns I 650- Pemns II 650	94,3 HRB	205 HB
5	As-Norm- Pemns I 650- Pemns II 450	99,5 HRB	242 HB
6	As-Norm- Pemns I 650- Pemns II 250	99,2 HRB	239 HB

*Sumber: penulis / hasil penelitian; *)Pemns = Pemanasan kembali*



Gambar 22. Grafik Hasil Uji Kekerasan
Sumber: penulis / hasil penelitian

Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel. 4.

Grafik kuat tarik dan kuat yield ditunjukkan pada Gambar. 23. Nampak kekuatan meningkat setelah proses normalising. Kenaikan tersebut terjadi karena pada proses normalising menghasilkan struktur martensit yang memiliki sifat kekuatan sangat tinggi. Sementara kekuatan relatif sama untuk seluruh proses temper lanjutnya. Hasil temper berupa martensit temper efektif menurunkan kekuatan dan kekerasan material, namun diikuti dengan kenaikan elongasinya.

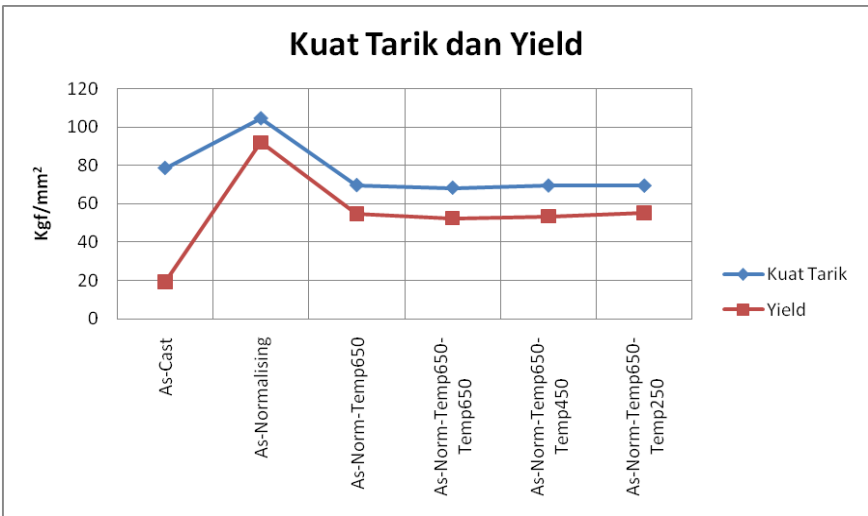
Grafik elongasi ditunjukkan pada Gambar. 23. Elongasi meningkat sampai pada batas maksimum pada proses Normalising - pemanasan I 650 dan pemanasan II 650. Hal ini terjadi karena proses pemanasan ulang

ganda menghasilkan struktur martensit temper yang memiliki sifat lebih ulet dibanding struktur sebelumnya yaitu martensit. Sifat getas martensit yang berasal dari tegangan dalam struktur martensit diurai oleh proses pemanasan kembali tersebut. Kemudian pada pemanasan kedua dengan temperatur 450 nampak elongasi yang terjadi menurun, hal ini dikarenakan pada temperatur pemanasan 450 dapat terjadi proses temper embrittlement, dimana terjadi pembentukan fasa karbida pada batas butir yang menurunkan keuletan Pada Hal ini dapat disimpulkan bahwa kondisi pemanasan kedua sebesar 650 °C efektif meningkatkan elongasi material (Suratman, 1994) (KEY to METALS Articles, 2015). Kombinasi kekuatan dan elongasi yang tepat untuk Link Track dapat dicapai melalui proses ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tarik

No.	Nama/Kode Sampel	Reduksi area (%)	Kuat Tarik (Kgf/mm ²)	Kuat Yield (Kgf/mm ²)	Elongasi (%)
1	As-Cast	2,03	78,62	19,36	4,00
2	As-Normalising	23,30	104,61	92,01	8,80
3	As-Norm-Temp650	54,44	69,64	54,74	16,40
4	As-Norm-Temp650-Temp650	48,88	68,29	52,46	20,00
5	As-Norm-Temp650-Temp450	46,71	69,42	53,42	13,40
6	As-Norm-Temp650-Temp250	48,16	69,37	55,20	14,80

Sumber: penulis / hasil penelitian

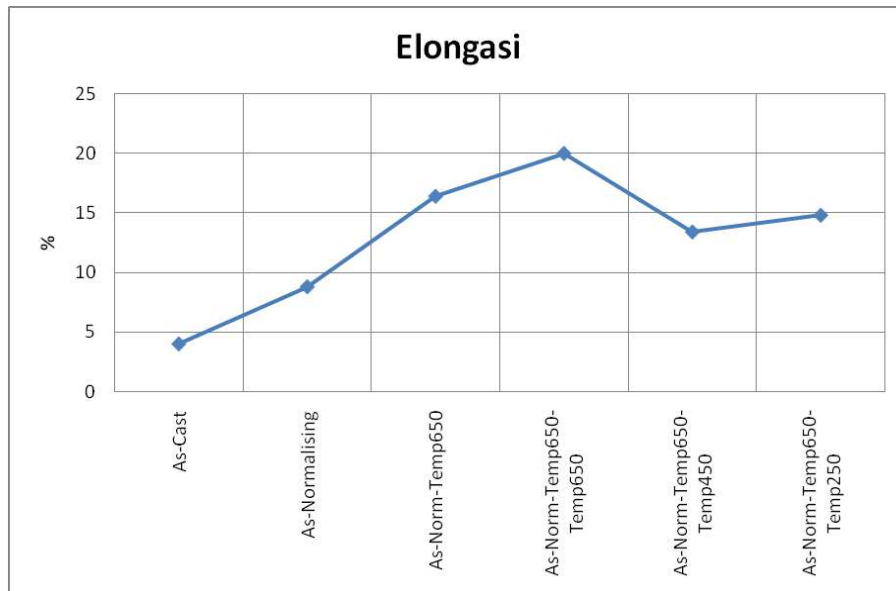


Gambar 23. Grafik Hasil Pengujian Tarik

Sumber: penulis / hasil penelitian

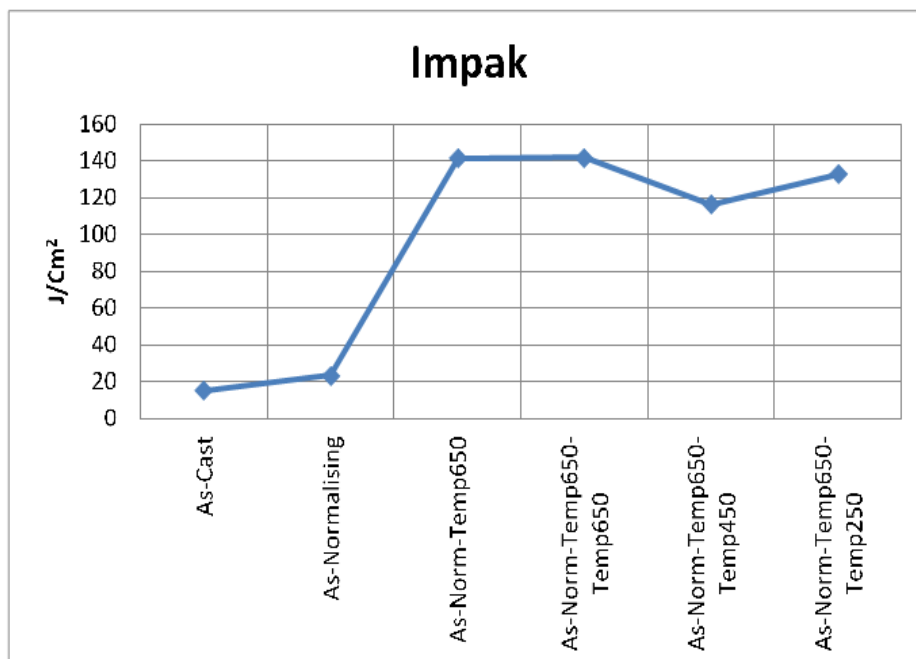
Grafik hasil uji impak ditunjukkan pada Gambar 25. Nampak kondisi as-cast nilai impaknya sangat rendah, hal ini berkaitan juga dengan struktur mikro as-cast yang banyak mengandung martensit yang getas. Dengan adanya perlakuan panas normalising dan pemanasan kembali terjadi peningkatan

harga Impak. Kondisi maksimal harga Impak berada pada proses As Normalising diikuti oleh pemanasan kembali dua kali sebesar 650 °C yaitu sebesar 142 J/Cm². Dengan demikian proses tersebut dapat menghasilkan ketangguhan yang terbaik dibanding proses lainnya yang dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 24. Grafik Elongasi Uji Tarik

Sumber: penulis / hasil penelitian



Gambar 25. Grafik Uji Impak

Sumber : penulis / hasil penelitian

KESIMPULAN

Material tepat yang digunakan untuk aplikasi Link Track adalah jenis baja berkekuatan tinggi (high tensile steel) jenis baja paduan Ni, Cr dan Mo. Standar material yang memenuhi syarat AISI 4340. Namun untuk mencapai sifat yang diinginkan perlu pengerjaan perlakuan panas. Berdasarkan hasil penelitian proses perlakuan panas yang paling baik dalam memperoleh kombinasi kekuatan tarik dan elongasi adalah proses normalising – pemanasan I 650 °C dan pemanasan II 650 °C. Hasilnya diperoleh kekuatan tarik sebesar 683 Mpa, kekuatan yield sebesar 525 Mpa dan elongasi sebesar 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM. (1990). *ASM Handbook Volume 1: Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys (06181)*, 10 Edition, ASM International.
- ASM. (1990). *ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructure*. ASM International.
- JIS. (1995). *JIS G 5131:2008 High Manganese Steel Castings*, Japanese Industrial Standard/ Japanese Standards Association,
- KEY to METALS Articles. (2015). *Austenitic Manganese Steels :: KEY to METALS Articles* [ONLINE], Available at: <http://www.keytometals.com/Articles/Art69.htm>. [Accessed March 2012].
- WIKIPEDIA. (2015). *Bucket-wheel excavator* - Wikipedia, the free encyclopedia. [ONLINE] Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel_excavator. [Accessed March 2015].
- D. M. STEFANESCU. (1988). *ASM Handbook: Volume 15: Casting*, 9 Edition, ASM International.
- FIRMANSYAH, D DAN ACHYARSYAH, M. (2010). *Pengembangan Produk Steel Casting Link Track pada Alat Berat Excavator Batu Bara Bukit Asam Sebagai Produk Substitusi Impor*, Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing 2010, Polman Bandung
- GEORGE E. DIETER. (1976.). *Mechanical Metallurgy*, Internat.2r.e. Edition, McGraw-Hill International Editions.
- KARL-ERIK THELNING. (1984). *Steel and Its Heat Treatment*, 2 Sub Edition. Butterworth-Heinemann.
- KEY to METALS Articles. (2015). *Temper Embrittlement, KEY to METALS Articles* [ONLINE] Available at: <http://www.keytometals.com/Articles/Art102.htm>. [Accessed September 2013]
- SOLIDWORK. (2010). *An Introduction to Stress Analysis Applications with SolidWorks Simulation*, Instructor Guide, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation.
- SURATMAN, ROCHIM. (1994). *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung.

**PENINGKATAN KEKERASAN PERMUKAAN FERRO CASTING
DUCTILE (FCD) 700 MELALUI PROSES NITRIDASI DENGAN MEDIA
UREA
INCREASING OF SURFACE HARDNESS OF FERRO CASTING DUCTILE
(FCD) 700 THROUGH NITRIDING IN UREA MEDIUM**

Wiwik Purwadi¹, Dewi Idamayanti² dan Firman³

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jl. Kanayakan 21 Dago Bandung – Jawa Barat

Telp : +62 22 250 0241 ^{1,2)}, Fax : +62 22 250 2649

E-mail : wiwik@polman-bandung.ac.id¹ idamayanti79@gmail.com² zuhenx@gmail.com³

ABSTRACT

Ferro Casting Ductile (FCD) 700 is widely used for products requiring strength, ductility and impact resistance such as crank shaft. Surface hardening can be applied to improve the performance of this material which can be accomplished through nitriding process. This research deals with nitriding process by using urea as the nitrogen source to achieve the surface hardness of 700 HV(600 HRC). Nitriding has been accomplished by varying the temperature (530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, dan 620 °C) and holding time (1-2hrs). The ratio between the amount of urea and surface area is constantly maintained at 0,25 g/mm², while the room pressure in the nitriding tube was 0,3 Mpa. The hardness value and the microstructure are used to analyse the result. 1 hr of holding time with at the temperature of 580 °C, 600 °C, 620 °C and 2 hrs holding time at 530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, 620 °C has resulted white layer on the surface of the material. The maximum depth of white layer (4,83 µm) has been achieved at 2 hrs holding time and temperature of 620 °C. The maximum hardness of 733 HV is resulted after holding the temperature at 580 °C for 2 hrs.

Keywords : white layer, nitriding, Urea, FCD 700

ABSTRAK

Ferro Casting Ductile (FCD) 700 digunakan untuk produk yang memerlukan kekuatan, duktilitas dan ketahanan impak, misalnya pada poros engkol. Untuk meningkatkan kinerja material dapat dilakukan pengerasan permukaan antara lain dengan proses nitridasi. Proses nitridasi dengan menggunakan urea sebagai sumber nitrogen dilakukan untuk meningkatkan kekerasan permukaan hingga 700 HV (60 HRC). Pada penelitian ini proses nitridasi dilakukan berdasarkan rasio urea per luas permukaan nitridasi. Variabel parameter yang diaplikasikan adalah temperatur (530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, dan 620 °C) dan waktu proses (1 jam dan 2 jam). Parameter yang digunakan secara konstan adalah rasio ketersediaan urea per luas permukaan sebesar 0,25 g/mm² dan tekanan ruangan nitridasi 0,3 Mpa. Verifikasi hasil dilakukan dengan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Berdasarkan analisa struktur mikro yang didapat, pada variasi temperatur dan waktu nitridasi (580 °C, 600 °C, dan 620 °C dengan waktu proses nitridasi 1 jam dan 530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, dan 620 °C dengan waktu proses 2 jam) dihasilkan white layer pada permukaan FCD 700. Kedalaman white layer maksimum terjadi pada temperatur nitridasi 620 °C dengan waktu nitridasi 2 jam sebesar 4,83 µm. Kekerasan permukaan tertinggi sebesar 733 HV dihasilkan pada temperatur 580 °C dengan waktu proses 2 jam.

Kata Kunci : white layer, nitridasi, Urea, FCD 700

PENDAHULUAN

Produk poros engkol ini digunakan untuk keperluan otomotif sebagai bagian utama dari mesin dan pada peralatan teknik lain sebagai pengubah gerakan translasi menjadi gerakan rotasi atau sebaliknya. Industri otomotif dan manufaktur berkembang dengan pesat khususnya di Jawa Barat. Tahun 2011 Apindo melansir Jawa Barat merupakan provinsi yang menjadi barometer industri bagi wilayah lain di Indonesia. Apalagi, hampir 90% manufaktur otomotif dan elektronik berada di Jawa Barat (Apindo, 2015). Hal ini menunjukkan perlunya dukungan industri yang mampu melakukan

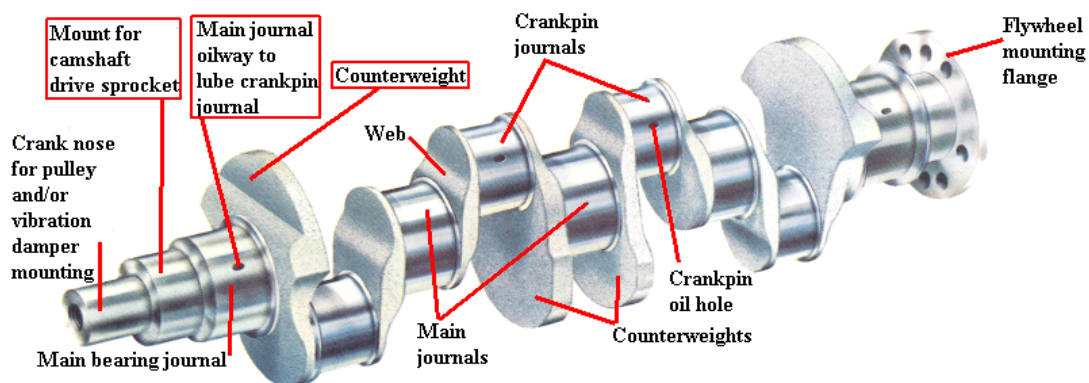
rancang bangun serta membuat suku cadang, tentunya berimbas pada peningkatan jumlah industri yang bergerak dalam bidang manufaktur. Disisi lain diperlukan pula peningkatan efisiensi dalam proses pemakaian yang antara lain ditunjukkan dengan peningkatan umur pakai dan kehandalan produk yang diproduksi. Dengan berkembangnya industri manufaktur, khususnya industri otomotif maka pembuatan poros engkol yang mempunyai kinerja lebih tinggi menjadi suatu kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan kehandalan. Dalam hal ini Politeknik Manufaktur Bandung mempunyai kemampuan untuk mendukung perkembangan industri otomotif di

Jawa Barat melalui beragam penelitian, salah satunya adalah peningkatan sifat mekanik *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* yang digunakan untuk poros engkol (lihat pada gambar 1).

Ferro Casting Ductile (FCD) 700 merupakan besi cor bergrafit bulat yang dibuat dengan jalan mencampurkan magnesium, kalsium atau serium kedalam cairan logam sehingga grafit bulat akan terbentuk. Besi cor jenis ini mempunyai kekuatan, keuletan, ketahanan aus dan ketahanan panas yang cukup baik jika dibandingkan dengan besi cor kelabu (Surdia, 1996). FCD 700 memiliki kekerasan sekitar 302 HB (~ 284 HV) (JIS, 1984).

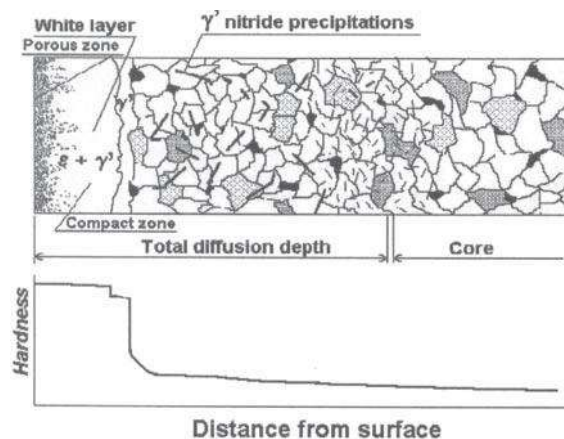
Untuk meningkatkan ketahanan gesek permukaan material *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* salah satu metodenya dapat dilakukan pengerasan permukaan menggunakan nitridasi. Nitridasi adalah metode mendifusikan atom nitrogen pada permukaan *Ferro Casting Ductile (FCD)* sehingga terbentuk lapisan senyawa intermetalik (besi nitrida) pada permukaan *Ferro Casting Ductile (FCD)* yang memiliki kekerasan

jauh lebih tinggi dibandingkan substratnya. Sumber nitrogen dapat berasal dari gas, padatan atau cairan yang mengandung nitrogen seperti amoniak atau gas nitrogen. Metode yang tersedia berupa *gas nitriding*, *powder nitriding*, *plasma nitriding* dan *salt bath nitriding*. Pada penelitian poros engkol berbahan *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* dilakukan pengerasan permukaan dengan nitridasi menggunakan sumber nitrogen berasal dari urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) dengan metode *powder nitriding*. Urea terdekomposisi menghasilkan gas amonia yang terurai kembali menjadi atom nitrogen yang berdifusi ke permukaan besi menghasilkan senyawa nitrida yang keras. Gambar 2 menunjukkan kaitan proses nitridasi dengan peningkatan kekerasan permukaan besi cor atau besi bukan paduan. Pemilihan urea sebagai media nitridasi didasarkan pada ketersediaan urea yang cukup tinggi di Indonesia sebagai negara yang memproduksi sendiri urea yaitu dari tiga pabrik pupuk kumpang, PKT dan Pusri, mampu menghasilkan 7,173 ton pada tahun 2011.



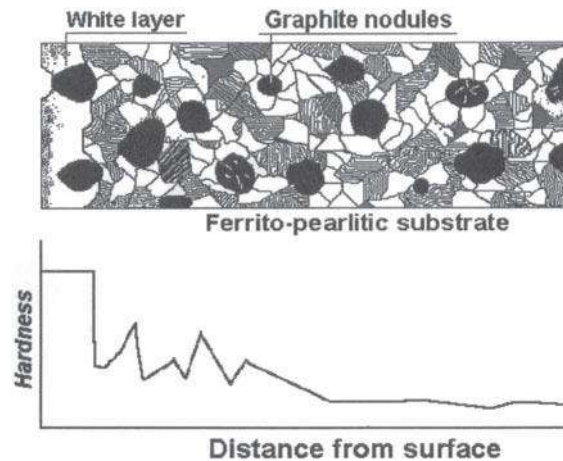
Gambar 1. Poros Engkol

Sumber : Sankar's, 2015



Gambar 2. Pengaruh lapisan nitrida pada besi atau non-alloyed steels

Sumber : Totten, 2004.



Gambar 3. Pengaruh lapisan nitrida pada besi cor nodular
 Sumber : Totten, 2004.

Sedangkan lapisan nitrida pada substrat besi cor dapat dilihat pada gambar 3

Kekerasan *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* dianggap masih rendah untuk bahan material tahan gesek dan diperlukan adanya penelitian untuk meningkatkan kualitas bahan yang salah satunya adalah dengan cara pengerasan permukaan atau *surface hardening* dengan metoda nitridasi. Peningkatan kekerasan permukaan ini diperlukan untuk memperpanjang umur pakai poros engkol yang berbahan dasar *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* melalui perbaikan ketahanan geseknya. Urea dipilih sebagai media nitridasi untuk memasok nitrogen karena ketersediaan urea yang baik (Grace, 2004) dan (Kemenperin, 2015).

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kekerasan permukaan pada bahan *Ferro Casting Ductile (FCD) 700* dengan menggunakan metoda nitridasi dan memanfaatkan urea sebagai media nitridasi hingga mencapai kekerasan 700 HV (60 HRC). Teknologi nitridasi dengan urea ini dapat diaplikasikan pada bahan *Ferro Casting Ductile (FCD)* dan mampu meningkatkan umur pakai produk, sehingga efisiensi pemakaian dan nilai ekonomis produk akan meningkat (Suratman, 1994).

METODE

1. Tinjauan Proses

a) Nitridasi

Proses nitridasi merupakan salah satu proses perlakuan panas kimia (*thermo chemical treatment*) yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan. Pengerasan permukaan

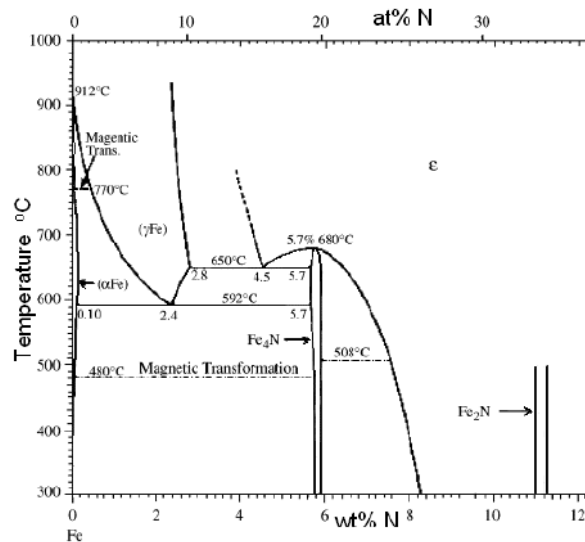
tersebut dilakukan dengan jalan mendifusikan atom nitrogen ke permukaan baja yang berada dalam fasa ferrit pada temperatur 500°C -590 °C. Pada temperatur ini tidak terjadi perubahan fasa selama pendinginan, sehingga dapat menghindari terjadinya distorsi dan memberikan kontrol dimensi yang lebih baik. Reaksi antara nitrogen dan besi menyebabkan pembentukan nitrida pada permukaan sehingga mengakibatkan kekerasan pada permukaan meningkat (Suratman, 1994)

Nitridasi bertujuan untuk:

- Memperoleh kekerasan yang tinggi pada permukaan saja.
- Meningkatkan ketahanan aus.
- Meningkatkan *fatigue life*.

b) Diagram Fasa Fe-N

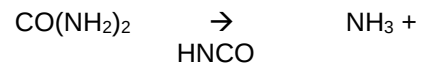
Diagram fasa Fe-N dapat digunakan sebagai dasar untuk memahami proses nitridasi guna mendapatkan struktur dan sifat yang diinginkan. Didalam besi, atom nitrogen larut sebagai larutan padat interstisi. Kelarutan maksimum nitrogen dalam besi pada temperatur nitridasi 500-590 °C adalah 0,1 %, lebih besar dari 0,1 % maka akan membentuk nitrida γ' (Fe_4N). Jika kelarutan nitrogen pada besi melebihi 6 %, nitrida γ' (Fe_4N) akan berubah menjadi ϵ (Fe_{2-3}N). Pada temperatur dibawah 500 °C dengan kadar nitrogen lebih dari 11 % maka nitrida ξ (Fe_2N) akan segera terbentuk dan diatas 650 °C Fe_4N akan terurai. Nitrida γ' dan ϵ secara fisik pada permukaan baja terlihat sebagai lapisan putih (*white layer*) atau *compound layer*.



Gambar 4. Diagram fasa Fe-N
Sumber : Startseite, 2008

c) Powder Nitriding

Pelaksanaan proses *powder nitriding* mirip seperti pada proses *packed carburizing*. Benda kerja yang akan dinitridasi diletakkan dalam kotak proses yang berisi serbuk nitrida. Jumlah serbuk nitrida yang diberikan bergantung pada luas permukaan benda kerja yang dinitridasi. Serbuk nitrida yang dapat digunakan adalah Urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ "Karl-Eric Thelning, 1967" Serbuk nitridasi yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Urea mampu menyediakan nitrogen untuk didifusikan ke permukaan baja. Pada temperatur nitridasi, urea akan terurai sehingga dapat menghasilkan atom nitrogen yang berdifusi ke dalam permukaan besi, menurut reaksi :

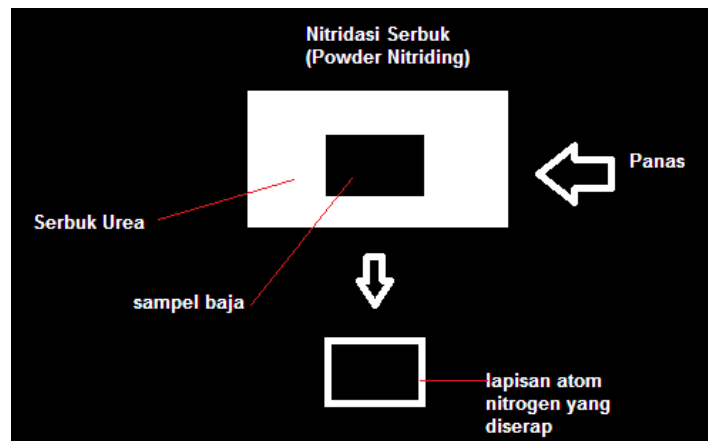


Proses ini menghasilkan residu *cyanic acid* (HNCO).

Untuk dapat digunakan dalam proses nitridasi, nitrogen harus dalam keadaan monoatomik. Dalam prakteknya, gas N yang monoatomik dapat diperoleh dari pemanasan gas amoniak, NH_3 , yang akan mengurai pada temperatur proses nitridasi menurut reaksi :

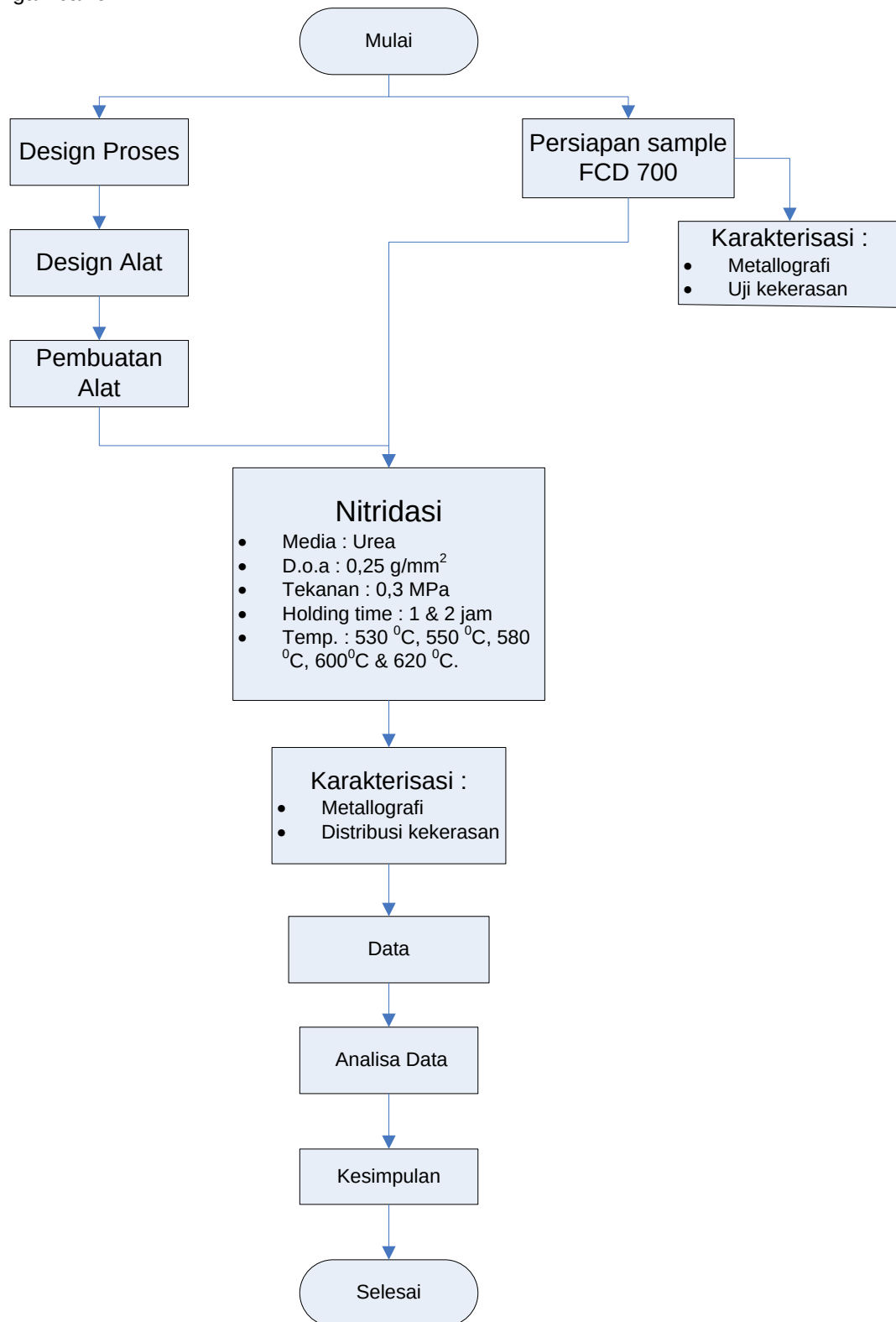


Nitrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan Fe membentuk nitrida besi yang keras. Karena sifat nitrida yang keras, lapisan nitridasi yang terbentuk tidak boleh terlalu tebal (sangat getas). Skema proses *powder nitriding* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Skema proses powder nitriding
Sumber : Penulis

2. Diagram Alir Penelitian
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Sumber : penulis

3. Perancangan Percobaan

Parameter yang sangat berpengaruh pada proses nitridasi salah satunya adalah temperatur dan waktu penahanan proses nitridasi "George Totten, 2004", maka dalam pada penelitian ini proses nitridasi dilaksanakan dengan mempertimbangkan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses nitridasi yang terdiri dari parameter konstan dan parameter bervariasi. Parameter konstan terdiri dari jumlah ketersediaan urea per luas permukaan yang akan dinitridasi 0,25 g/mm² dan tekanan tabung nitridasi 0,3 Mpa, Parameter konstan mengacu pada "Intan, 2004", sedangkan parameter yang bervariasi terdiri waktu proses nitridasi yang digunakan 1 jam dan 2 jam serta temperatur nitridasi 530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, dan 620 °C.

3.1 Persiapan Sampel

Sample yang digunakan adalah FCD 700.

3.2 Persiapan Media Nitridasi

Pemilihan derajat ketersediaan urea didasarkan pada penelitian sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya harga derajat ketersediaan urea adalah 0,005 dan 0,009 g/mm², untuk derajat ketersediaan urea sebesar 0,005 g/mm² lapisan senyawa nitrida tidak terbentuk sedangkan untuk harga ketersediaan urea sebesar 0,009 g/mm² lapisan senyawa nitrida sudah terbentuk "Fermadi, 2004"

Perlu diketahui bahwa derajat ketersediaan urea dirumuskan sebagai berikut "Intan, 2004" :

3.3 Proses Nitridasi

Benda kerja yang akan dinitridasi diletakkan pada tabung proses yang berisi serbuk urea. Rancangan tabung dapat dilihat pada lampiran 2.

Disekeliling bagian dalam tabung dilapisi Aluminium Foil sebanyak 2 lapis untuk menghindari ternitridasinya tabung proses. Aluminium dipilih sebagai material pelapis bagian dalam tabung karena pada temperatur 500 °C nitrida Al sudah terbentuk, nitrida ini stabil sampai temperatur 900 °C dan akan menghalangi difusi nitrogen lebih jauh. Hasil dari



(b)

Gambar 7. Sample Ferro Casting Ductile (FCD) 700

Sumber : penulis



$$\text{Derajat ketersediaan urea} = \frac{\text{Berat Urea(g)}}{\text{Luas permukaan yang dinitridasi (mm}^2\text{)}}$$

Tabel 1. Jumlah urea

Keterangan	jumlah
Luas Permukaan sample *A) mm ²	628.2
Degree Of Availability (DOA) g/mm ²	0.25
Jumlah Urea g	157.5

Sumber : penulis

penelitian sebelumnya juga menyimpulkan bahwa tembaga dan aluminum tidak dipengaruhi proses nitridasi. Sehingga dengan alasan tersebut aluminum dipilih sebagai material pelapis bagian dalam tabung, disamping itu juga karena harganya yang relatif murah (Grace, 2004). Skema proses nitridasi yang dilakukan sesuai gambar 8

4. Metode Analisis Data

4.1 Pengujian

4.1.1 Pengujian Metallografi

Pengujian metallografi dilakukan untuk melihat struktur mikro dari FCD 700 pada karakterisasi awal dan struktur mikro hasil nitridasi.

4.1.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini diukur dengan menggunakan

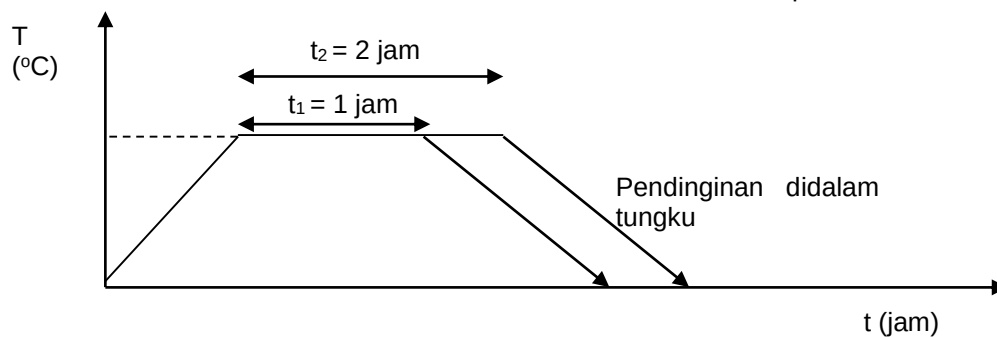
metoda MicroVickers dengan beban 200 gr dan 500 gr (JIS Z 2251). Pada pengujian kekerasan harus ditempatkan pada tempat yang sesuai dikarenakan keberadaan grafit yang dapat mengganggu proses pengujian kekerasan.

4.1.3 Analisis Struktur Mikro

Analisis struktur mikro untuk mengamati dan mengukur lapisan senyawa nitrida serta perubahan struktur mikro pada logam dasar dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan sinar refleksi.

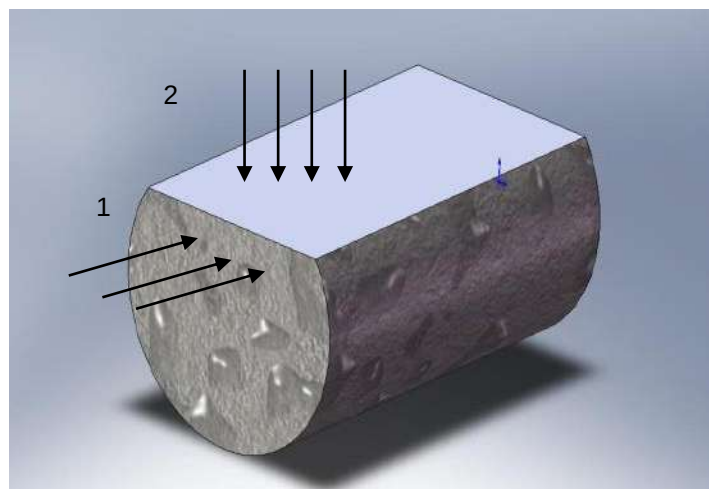
5. Pengolahan data

Hasil analisis kekerasan dan ketebalan lapisan senyawa nitrida dianalisis secara statistik untuk menentukan nilai maksimum. Pengaruh waktu dan temperatur proses nitridasi dianalisis berdasarkan tendensi kurva data hasil percobaan



Gambar 8. Skema proses Nitridasi

Sumber : penulis



Gambar 9. Sampel hasil nitridasi hasil pemotongan melintang

Sumber : penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

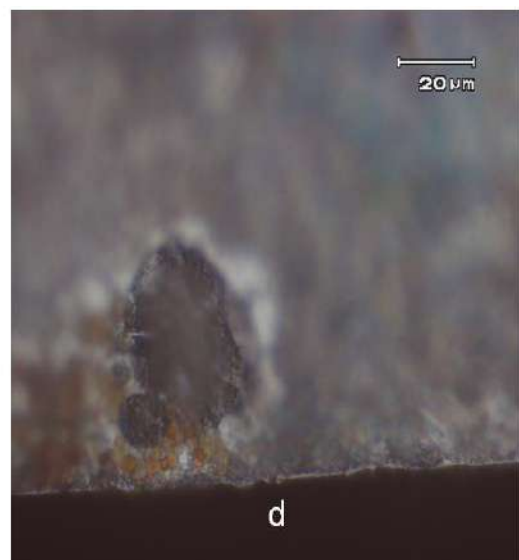
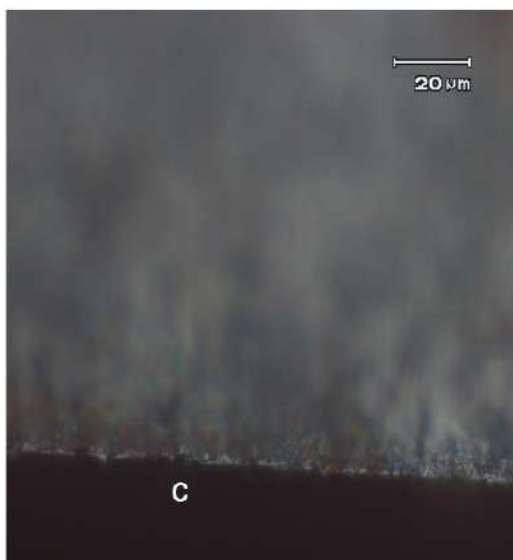
a) Analisa Struktur Mikro Hasil Nitridasi
Gambar 10 adalah struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm², t = 1 jam, dengan T = 530 °C dan T = 550 °C, tidak memperlihatkan adanya lapisan putih (lapisan senyawa nitrida) pada permukaan

FCD 700, artinya lapisan nitrida yang berupa senyawa nitrida γ' (Fe₄N) ataupun ϵ (Fe₂₋₃N) tidak terbentuk. Kadar nitrogen yang berdifusi pada permukaan kurang dari 6 %, sehingga lapisan putih (lapisan senyawa nitrida) tidak terbentuk. Beberapa faktor penghambat difusi nitrogen diantaranya yaitu waktu pemanasan (*holding time*) yang kurang.



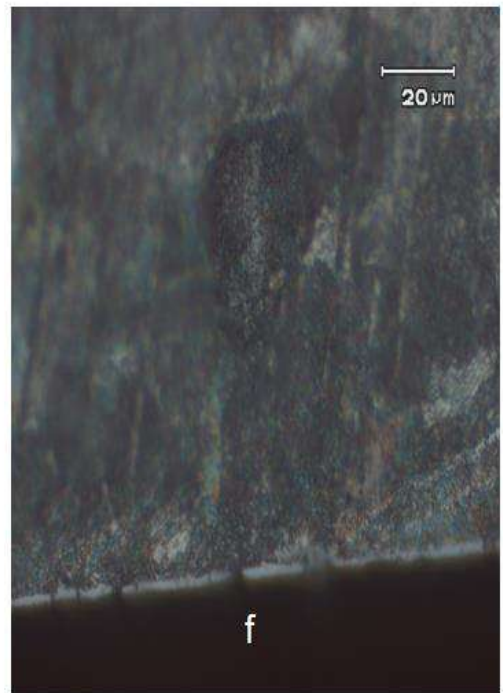
Gambar 10. Gambar struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm², t = 1 jam, dengan T = 530 °C dan T = 550 °C,

Sumber : penulis



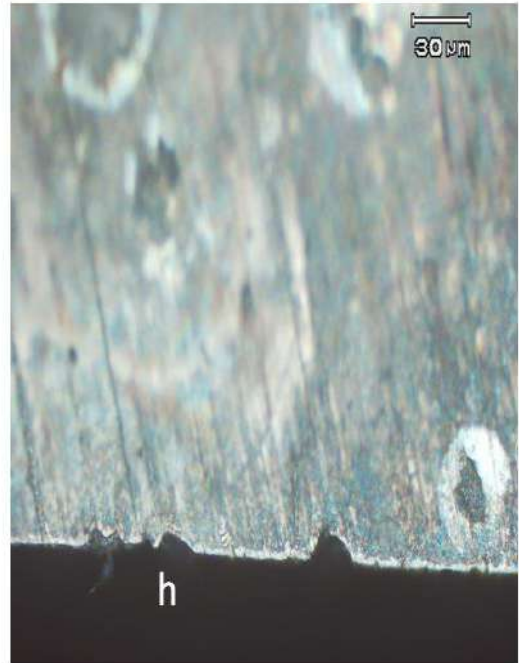
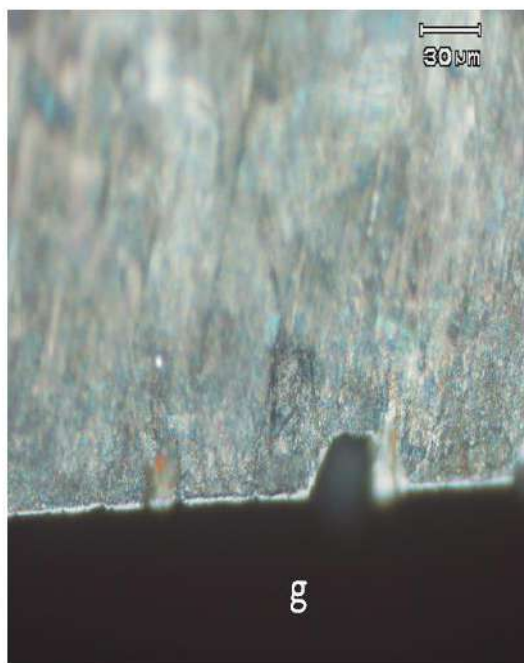
Gambar 11. Gambar struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm².
(c) t = 1 jam, T = 580 °C, lapisan senyawa nitrida = 0,7 μm, (d) t = 1 jam, T = 600 °C, lapisan Senyawa nitrida = 0,7 μm

Sumber : penulis



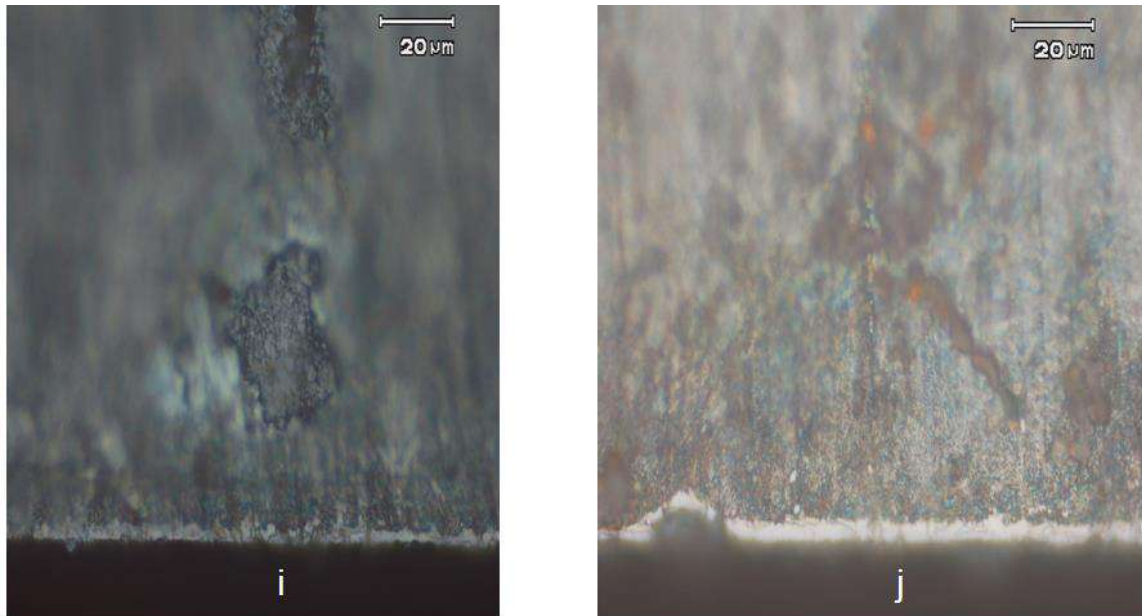
Gambar 12. Gambar struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm². (e) t = 1 jam, T = 620 °C, lapisan senyawa nitrida = 1,38 μm. (f) t = 2 jam, T = 530 °C, Lapisan senyawa nitrida

Sumber : penulis



Gambar 13. Gambar struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm². (g) t = 2 jam, T = 550 °C, lapisan senyawa nitrida = 2,1 μm. h) t = 2 jam, T = 580 °C, lapisan senyawa nitrida = 2,76 μm

Sumber : penulis



Gambar 14. Gambar struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm². (i) $t = 2$ jam, $T = 600$ °C, lapisan senyawa nitrida = 3,44 µm. (j) $t = 2$ jam, $T = 620$ °C, lapisan senyawa nitrida = 4,83 µm.

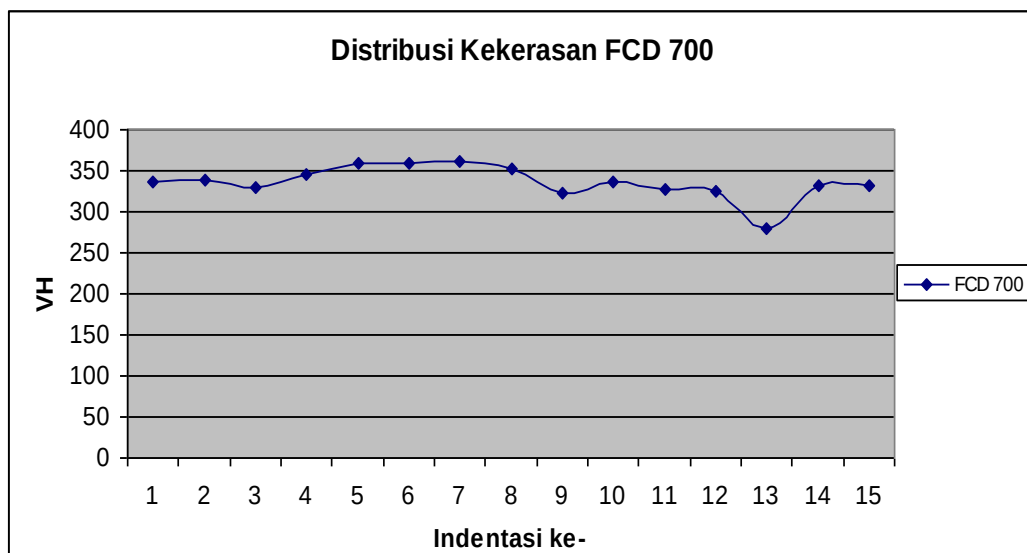
Sumber : penulis

Gambar 10 - 14, struktur mikro yang telah dinitridasi dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm², $t = 1$ jam, dengan $T = 580$ °C, $T = 600$ °C, dan $T = 620$ °C, serta dengan derajat ketersediaan urea 0,25 g/mm², $t = 2$ jam, dengan $T = 530$ °C, $T = 550$ °C, $T = 580$ °C, $T = 600$ °C, dan $T = 620$ °C memperlihatkan adanya lapisan putih (lapisan senyawa nitrida) pada permukaan FCD 700, artinya lapisan nitrida yang berupa senyawa nitrida γ' (Fe_4N) atau ϵ (Fe_{2-3}N) telah terbentuk. Kadar nitrogen yang berdifusi pada

permukaan lebih dari 6 %, sehingga terbentuk lapisan putih (lapisan senyawa nitrida).

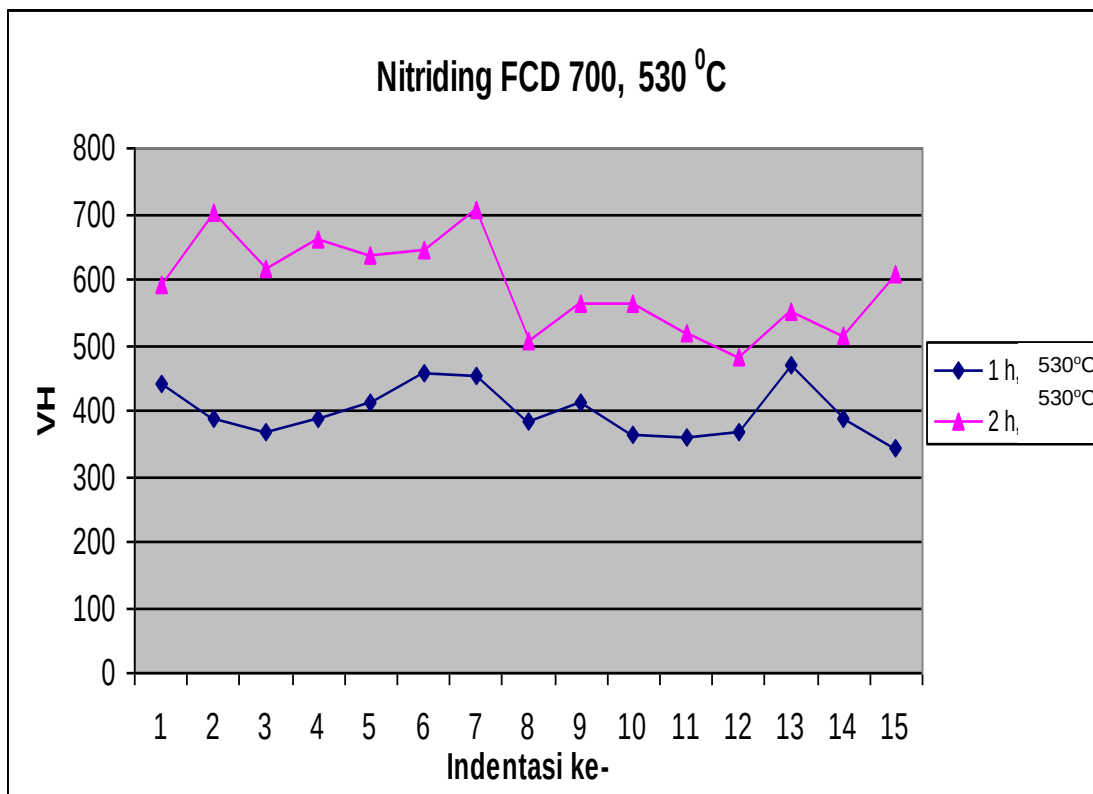
Data dan Analisa Distribusi Kekerasan

Pengukuran kekerasan dengan metoda microVickers dengan menggunakan beban 200 gram (JIS Z 2251) . Hasil pengukuran distribusi kekerasan FCD 700 hasil nitridasi dapat dilihat pada kurva-kurva dibawah.



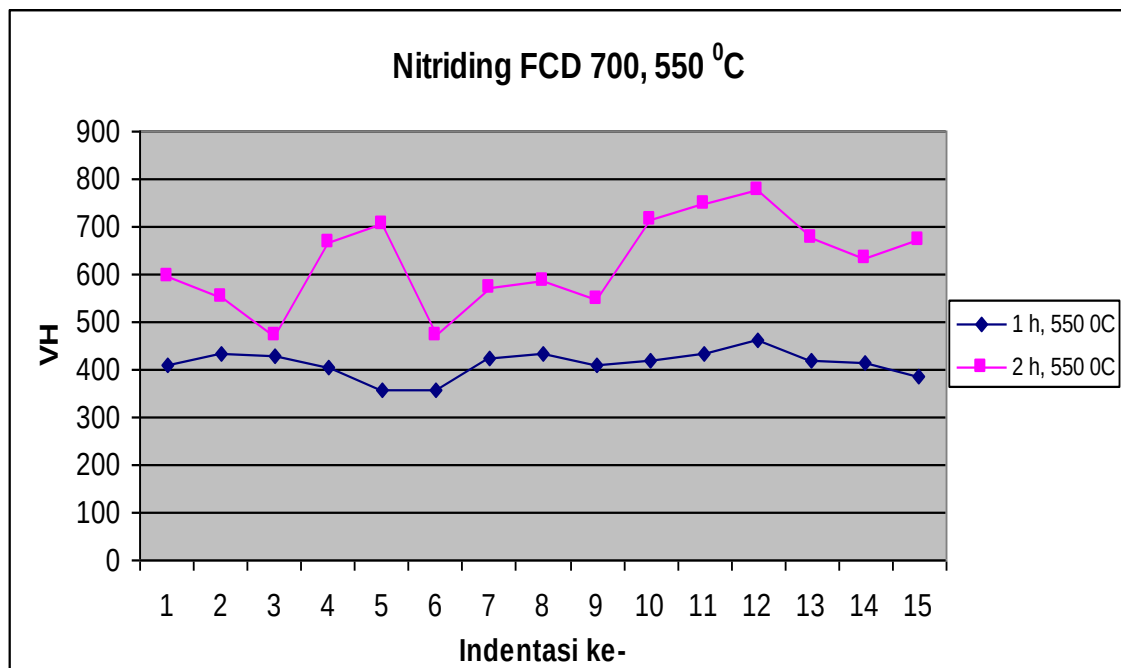
Gambar 15. Distribusi kekerasan Ferro casting ductile (FCD) 700

Sumber : penulis



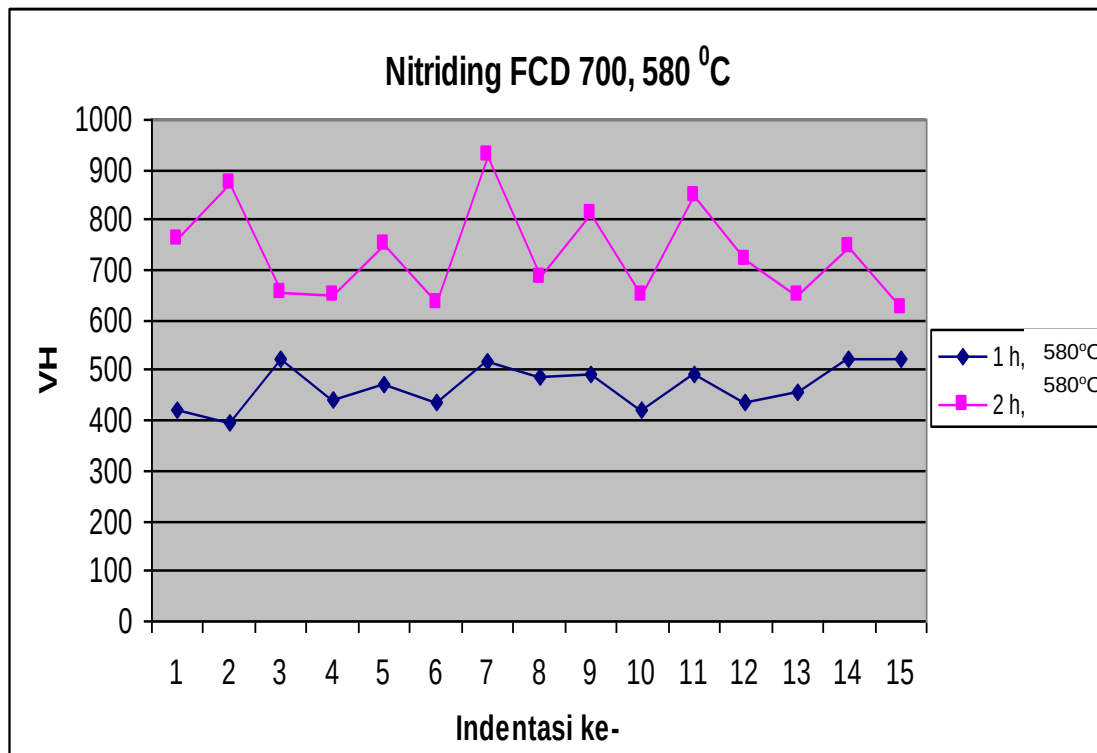
Gambar 16. Analisa distribusi kekerasan FCD 700 dengan temperatur yang sama dan waktu yang berbeda, T = 530 °C.

Sumber : penulis



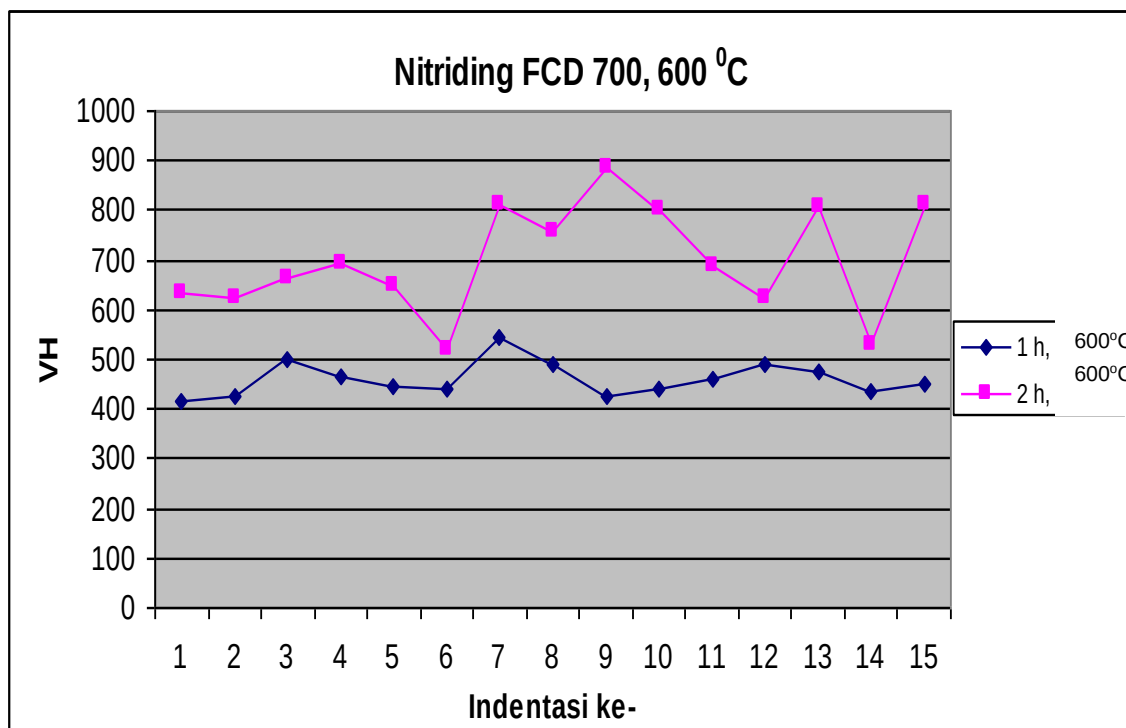
Gambar 17. Analisa distribusi kekerasan FCD 700 dengan temperatur yang sama dan waktu yang berbeda. (a) T = 550 °C

Sumber : penulis



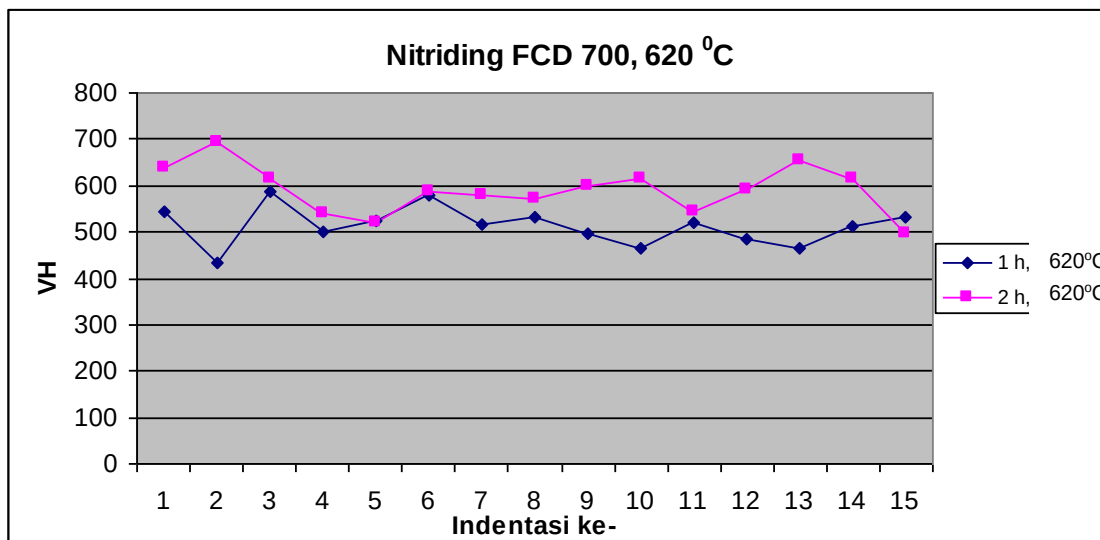
Gambar 18. Analisa distribusi kekerasan FCD 700 dengan temperatur yang sama dan waktu yang berbeda. (a) T = 580 °C

Sumber : penulis



Gambar 19. Analisa distribusi kekerasan FCD 700 dengan temperatur yang sama dan waktu yang berbeda. (a) T = 600 °C

Sumber : penulis



Gambar 20. Analisa distribusi kekerasan FCD 700 dengan temperatur yang sama dan waktu yang berbeda. (a) T = 620 °C

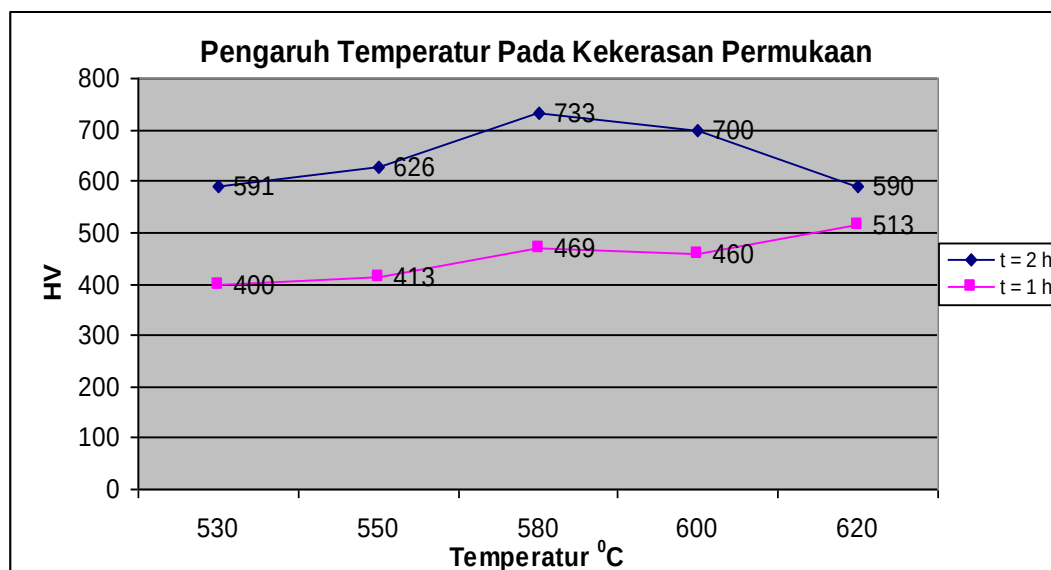
Sumber : penulis

Jika dilihat dari kurva diatas, dapat dilihat dengan jelas bahwa dengan waktu penahanan (*holding time*) yang lebih lama, maka, kekerasan permukaan yang dihasilkan akan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena reaksi kimia antara besi dan nitrogen berlangsung lebih lama, sehingga konsentrasi nitrogen pada permukaan sampel yang berasal dari difusi nitrogen akan lebih banyak dan membentuk besi nitrida. Oleh

karena itu dengan waktu difusi yang lebih lama akan mengakibatkan kekerasan permukaan yang lebih tinggi.

Temperatur dan waktu penahanan (*holding time*) sangat berpengaruh dalam proses nitridasi, hal ini dapat dibuktikan dengan variasi distribusi kekerasan yang terjadi pada kurva

Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Kekerasan Permukaan



Gambar 21. Pengaruh temperatur pada kekerasan permukaan

Sumber : penulis

Tabel 2. Perbandingan Kedalaman Nitridasi Berdasarkan Perhitungan Matematis dengan Kedalaman lapisan senyawa nitrida

Kedalaman White Layer (mm)										
h, temp	1h, 530°C	2h, 530°C	1h, 550°C	2h, 550°C	1h, 580°C	2h, 580°C	1h, 600°C	2h, 600°C	1h, 620°C	2h, 620°C
(mm)	-	0.00172	-	0.0021	0.0007	0.00276	0.0007	0.00344	0.00138	0.00483
Kedalaman indentasi pada Nitridasi secara matematis load 0.5 (mm)										
Avr (d)	0.0074	0.0070	0.0073	0.0067	0.0072	0.0063	0.0071	0.0063	0.0071	0.0064
Kedalaman indentasi pada Nitridasi secara matematis load 0.2 (mm)										
Avr (d)	0.0044	0.0036	0.0043	0.0035	0.0040	0.0032	0.0041	0.0033	0.0040	0.0036

Sumber : penulis

diatas. Jika dilihat dari kurva diatas, pada waktu penahanan (*holding time*) 1 jam dan temperatur nitridasi 620 °C menghasilkan kekerasan permukaan paling tinggi dengan rata-rata 513 HV.

Pada kurva diatas pada temperatur 580 °C dan waktu nitridasi (*holding time*) 2 jam memiliki distribusi kekerasan permukaan paling tinggi yaitu dengan rata-rata 733 HV (~61 HRC). Semakin tinggi temperatur nitridasi, maka difusi nitrogen kedalam besi akan semakin cepat. Pada waktu nitridasi 2 jam, pada temperatur 600 °C dan 620 °C kekerasan permukaan menurun, karena temperatur semakin mendekati 680 °C, dimana pada suhu tersebut nitrida besi akan terurai yang mengakibatkan turunnya kekerasan permukaan. Pada temperatur 580 °C, difusi nitrogen kedalam besi berlangsung lebih baik daripada temperatur nitridasi yang lain, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari beberapa penelitian dengan variasi suhu yang berbeda dan waktu penahanan nitridasi (*holding time*) yang berbeda, temperatur yang paling baik untuk proses nitridasi FCD 700 adalah pada temperatur 580 °C dengan waktu nitridasi (*holding time*) 2 jam.

Sebagai pendekatan untuk menentukan kedalaman nitridasi dapat dilakukan berdasarkan perhitungan matematis yang dapat diasumsikan sebagai kedalaman hasil proses nitridasi (lapisan lapisan senyawa nitrida dan *diffusion layer*). Pada kedalaman nitridasi mulai dari 0,1 mm dan seterusnya, kekerasan hasil proses nitridasi sudah mencapai kekerasan substrat (*base material*). Untuk menentukan kekerasan lapisan senyawa nitrida dapat juga ditentukan melalui pendekatan matematis seperti yang terlihat pada tabel 2.

KESIMPULAN

a) Kesimpulan

Kualitas FCD 700 dapat ditingkatkan dengan menerapkan proses *powder nitriding* dengan menggunakan urea sebagai sumber nitrogen. Pada waktu penahanan nitridasi 1 jam dengan temperatur nitridasi 530 °C dan 550 °C lapisan senyawa nitrida tidak terbentuk, sedangkan pada temperatur nitridasi 580 °C, 600°C, dan 620 °C lapisan putih (lapisan senyawa nitrida) telah terbentuk. Pada waktu penahanan nitridasi 2 jam dengan temperatur nitridasi 530 °C, 550 °C, 580 °C, 600 °C, dan 620 °C, lapisan putih (lapisan senyawa nitrida) telah terbentuk. Kekerasan permukaan tertinggi dicapai pada temperatur nitridasi 580 °C dan waktu penahanan nitridasi 2 jam, kekerasan permukaan pada FCD 700 mencapai 733 HV (~61 HRC). Kedalaman lapisan senyawa nitrida maksimum 4,83 µm didapatkan pada temperatur nitridasi 620 °C dengan waktu penahanan nitridasi 2 jam. Kedalaman nitridasi dan kekerasan lapisan senyawa nitrida dapat ditentukan melalui pendekatan matematis.

b) Saran

Perlu dilakukan analisa pada daerah diskontinuitas pada lapisan lapisan senyawa nitrida dan pengujian untuk membedakan antara lapisan lapisan senyawa nitrida dengan *compound layer*. Metode nitridasi ini perlu dilakukan pula untuk jenis besi cor yang lain.

DAFTAR PUSTAKA.

- APINDO: Jawa Barat Jadi 'Surga' Industri - Majalah SWA Online. (2015). APINDO: Jawa Barat Jadi 'Surga' Industri - Majalah SWA Online. [ONLINE] Available at: <http://swa.co.id/listed-articles/apindo-jawa-barat-jadi-surga-industri>. [Accessed 27 May 2015].
- ARAI, T., et al., (1991) ASM Handbook: Heat Treating, Volume 4. ASM International.
- CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL. (2015) *Phase Diagram of Fe-P and Fe-N*. [ONLINE] Available at: http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_8/illustr/i8_3_1.html. [Accessed 05 November 2015].
- FERMADI. (2004). *Powder Nitriding pada Baja Karbon Rendah dengan Menggunakan Urea*. Skripsi, Institut Teknologi Bandung
- GRACE, I. (2004) *Pengaruh Jumlah Urea dan Waktu Proses pada Powder Nitriding Baja Karbon Rendah*, Skripsi, Institut Teknologi Bandung.
- Home – Bodycote plc (2008) Home – Bodycote plc. [ONLINE] Available at: <http://www.nitron.com/html/kontakt/TB209.pdf>. [Accessed 20 April 2008].
- JAPANESE STANDARD ASSOCIATION, (1984) *JIS Handbook : Ferrous Materials and Metallurgy*, Japan Iron and Steel Exporters' Association.
- KEMENPERIN: Produksi Pupuk Urea Naik 6%. (2015) Kemenperin: Produksi Pupuk Urea Naik 6%. [ONLINE] Available at: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/1471/Produksi-Pupuk-Urea-Naik-6>. [Accessed 29 May 2015].
- PALIMBANI. (2008). *Mengenal Pupuk Urea* | Pustaka Negeri. [ONLINE] Available at: <http://pusri.wordpress.com/2007/09/22/mengenal-pupuk-urea/>. [Accessed 5 august 2008].
- SANKAR'S: CROSSPLANE CRANKSHAFT. (2015). Sankar's: Crossplane Crankshaft. [ONLINE] Available at: <http://fiftyfivenotion.blogspot.com/2012/08/crossplane-crankshaft.html>. [Accessed 30 July 2015].
- SCHÄRER, S., ROHNER, F. (2008). *Hardening Steel by Nitriding*. [ONLINE] Available at: http://www.seetobago.org/trinidad/pan/archive/r&d/panart/ir_archivecopy_hardenning_steel_by_nitriding.htm. [Accessed 30 July 2008].
- STICKELS, CHARLES, A. (1978). *Pack nitriding process for low alloy steel*. [ONLINE] Available at: <http://www.freepatentsonline.com/4119444.pdf>. [Accessed 30 July 2008].
- Startseite - Stahlschlüssel - Key to Steel | Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH. (2008). Startseite - Stahlschlüssel - Key to Steel | Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH. [ONLINE] Available at: <http://www.key-to-steel.com/Articles/Art117.htm>. [Accessed 20 April 2008].
- SUHENDAR, F. (2007). *Pengaruh Temperatur dan Waktu Proses Nitridasi Terhadap Kekerasan Permukaan FCD700 Dengan Media Nitridasi Urea*. Skripsi. POLMAN Bandung
- SURATMAN, R., (1994). *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Bandung : Lembaga Penelitian Institut Teknologi
- SURDIA, T. (1996). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : PT Pradya Pramita,.
- THELNING, K.E. (1984). *Steel and its Heat Treatment*, 2nd ed. Jordan Hill : Butterworth-Heinemann
- TOTTEN, G. (2004). *Handbook of Metallurgical Process Design (Materials Engineering)*. 1st ed. CRC Press

HUBUNGAN PAPARAN XYLENE DAN METHYL HIPPURIC ACID PADA PEKERJA INFORMAL PENGECATAN MOBIL DI KARASAK, BANDUNG

EXPOSURE CORRELATION OF XYLENE AND METHYL HIPPURIC ACID ON INFORMAL CAR PAINTING WORKERS IN KARASAK, BANDUNG

Gede Herang Cahyana¹, Athoni Sukrisna², dan Tri Mulyani³

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Kebangsaan

Jln. Ters. Halimun No. 37, Bandung, 40263 Tlp/fax: 022-7301987-7303088 Hp: 08156274646

E-mail: gedehc99@gmail.com¹, anthonisukrisna@gmail.com², tri3mulya@yahoo.com³

ABSTRACT

Xylene (dimetilbenzene) is a derivative of benzene with molecule formula $C_6H_4(CH_3)_2$ and grouped to aromatic organic compound with high toxicity. Xylene is widely used as a paint solvent, often inhaled by workers which can cause health problems both acute and chronic. Methyl Hippuric Acid (MHA) is a result of xylene processing by human body, then excreted in urine after passing through several processes. On observation of workshop workers with questionnaire was found that there were some exposure data at every time they worked: 0.042 to 4.447 ppm. By reference to the regulation of Labor and Transmigration Minister No.13/2011, the concentration of xylene found not exceed the threshold limit value 100 ppm. The TLV is 100 ppm. The results showed a relationship between xylene and MHA was a fairly strong with the value of r (correlation) 0.813. Concluded, greater concentration of xylene would increase MHA concentration so the workshop's workers could be expressed as exposed to xylene. The workers have to use masks to prevent themselves from another toxic chemicals in paints. The results could be used by West Java and Bandung City Government to release regulation to prevent informal workers in car workshop and people from xylene risk.

Keywords : Xylene, MHA, paint, observative, correlation, exposure

ABSTRAK

Xylene atau dimetilbenzene adalah turunan benzene dengan rumus molekul $C_6H_4(CH_3)_2$ dan termasuk senyawa aromatik yang tinggi tingkat racunnya. Xylene banyak digunakan sebagai pelarut cat sehingga sering terhirup oleh pekerja bengkel yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan akut dan kronis. Methyl hippuric acid (MHA) adalah hasil pengolahan xylene oleh tubuh yang dikeluarkan bersama urin. Observasi pada pekerja bengkel dengan kuesioner dan pengambilan sampel udara diperoleh data bahwa paparan xylene pada pekerja setiap kali mereka bekerja antara 0,042 dan 4,447 ppm. Mengacu pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.13/2011, konsentrasi xylene yang ditemukan pada pekerja tidak melebihi nilai ambang batas (NAB) 100 ppm. NAB yang diperkenankan 100 ppm. Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan hubungan yang cukup kuat antara xylene dan MHA dengan nilai r (korelasi) = 0,813. Disimpulkan, makin besar konsentrasi xylene makin besar pula konsentrasi MHA sehingga pekerja bengkel dapat dinyatakan terpapar xylene. Pekerja harus mengenakan masker untuk pencegahan dalam jangka panjang karena selain xylene, cat juga mengandung zat kimia berbahaya lainnya. Hasil penelitian ini bisa digunakan oleh pemerintah Provinsi Jawa Barat dan Kota Bandung untuk mengeluarkan peraturan yang melindungi pekerja bengkel pengecatan dan masyarakat di sekitarnya dari risiko xylene.

Kata kunci: Xylene, MHA, cat, observatif, korelasi, paparan

PENDAHULUAN

Semua daerah kabupaten-kota di Provinsi Jawa Barat memiliki bengkel-bengkel pengecatan mobil yang selain bermanfaat dalam kegiatan ekonomi juga berpotensi bahaya (*hazard*) bagi kesehatan. Apabila potensi bahaya dari cat mobil tersebut tidak dikendalikan dengan tepat maka zat kimia di dalam cat dapat menyebabkan kelelahan, sakit, cedera, bahkan kecelakaan serius. Cat adalah cairan yang digunakan untuk melapisi

permukaan bahan (material) dengan tujuan memperindah (*decorative*), memperkuat (*reinforcing*) atau melindungi (*protective*) bahan tersebut. Cat berkaitan dengan bahaya zat kimia pelarut (*solvent*) yang bisa terjadi karena pajanan kontaminan di udara dengan konsentrasi yang melewati nilai ambang batas. Karena dampaknya inilah maka pajanan kontaminan terhadap pekerja bengkel harus dimonitor konsentrasi dan durasinya.

Ada beberapa kegiatan berbahaya yang menggunakan cat sebagai bahan utama, dicampur dengan pelarut organik seperti senyawa alifatik, aromatik, alkohol, atau keton. Pelarut digunakan agar zat warna mudah diaplikasikan ke badan mobil. Hanya saja, pelarut ini menimbulkan masalah karena uapnya yang timbul dapat mengganggu kesehatan. Satu di antara senyawa organik yang sering digunakan adalah *xylene*. *Xylene* atau *dimetilbenzena*, disebut juga *xytol* adalah turunan benzene dengan rumus molekul $C_6H_4(CH_3)_2$. Berat molekulnya 106,17 gram/mol dengan komposisi karbon 90,5% dan hidrogen 9,5%. Ada tiga isomernya, yaitu *ortho-xylene*, *meta-xylene* dan *para-xylene*. Nama tersebut bergantung pada lokasi atom karbon pada cincin benzene yang diikat oleh dua metil. Cairan ini tidak berwarna, dibuat dari minyak bumi atau aspal cair, sifatnya mudah terbakar, dan sering digunakan sebagai pelarut (Jacobson, G dan McLean, S., 2003).

Diketahui ada tiga pintu masuk (*portal of entry*) *xylene* ke dalam tubuh, yaitu oral, inhalasi, dan dermal. Paparan oral jarang terjadi, kecuali pada kasus tangan seorang pekerja kena pelarut tersebut lalu mengambil makanan dan memakannya langsung dari tangan. *Xylene* akan masuk ke dalam lambung lalu menuju hati untuk dimetabolisme kemudian diekskresikan lewat urin. Paparan inhalasi sering terjadi karena mudah menguap dan uapnya diadsorpsi di paru-paru. Paparan ini menimbulkan iritasi pada saluran pernapasan. Adsorpsi pada dermal atau kulit juga bisa terjadi, dan dapat melarutkan lemak di kulit tetapi kuantitasnya tidak sebanyak inhalasi (Jacobson, G. dan McLean, S., 2003).

Asam Metil Hippuric adalah hasil metabolisme *xylene* di dalam tubuh yang dikeluarkan bersama urin. Ogata *et.al.* (1970) menyatakan bahwa ada korelasi linear antara paparan *xylene* dan MHA yang ditelitinya pada pekerja pengecatan dengan berbagai konsentrasi *xylene* setelah lebih dari 18 jam. MHA tidak ditemukan pada orang yang tidak terpapar *xylene*. Dengan demikian, MHA dapat digunakan sebagai indikator ada tidaknya paparan *xylene*. MHA, menurut David, *et. Al.* (1979), dapat dikeluarkan bersama urin dalam waktu 2 jam setelah awal paparan dan puncaknya terjadi pada 7 - 8 jam setelah akhir paparan. Jumlah MHA yang ada di dalam urin sebanding dengan paparan *xylene* di udara. Ini juga dipengaruhi

oleh penggunaan masker oleh pekerja dan perilakunya dalam bekerja di bengkel pengecatan mobil.

Faktanya, banyak pekerja di bengkel pengecatan mobil tidak mengenakan alat pelindung diri (APD) seperti masker dan sarung tangan. Juga tidak didukung oleh ventilasi udara yang maksimal seperti kipas pembuang udara (*exhaust fan*) untuk mengurangi uap semprotan cat. Hal ini dapat menimbulkan risiko gangguan kesehatan. Potensi risiko bisa diperparah oleh kualitas makanan atau gizi yang menjadi asupan harian pekerja, ditambah dengan kebiasaan merokok. Padahal kesehatan dan keselamatan pekerja adalah hal terpenting dalam pekerjaan (aktivitas bisnis) karena berkaitan dengan hidup seseorang dan berpengaruh pada kinerja perusahaan bengkel.

Karena di seluruh kabupaten-kota Provinsi Jawa Barat ada bengkel pengecatan mobil, maka hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada pemerintah seperti ditulis di bawah ini.

1. Pemerintah, khususnya Dinas Kesehatan memperoleh informasi tentang risiko kesehatan atas penggunaan pelarut organik *xylene* pada cat terhadap pekerja informal di bengkel mobil.
2. Penelitian ini bisa dijadikan acuan bagi pemilik bengkel dan pekerjanya untuk meningkatkan kesadaran atas bahaya cat, memperhatikan ventilasi ruang, memberikan ekstra makanan bergizi dan penggunaan APD kepada pekerja.
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dan dinas untuk memberikan penyuluhan kepada pemilik dan pekerja bengkel agar mengutamakan kesehatan kerja, juga meneliti lagi di lokasi berbeda, baik penelitian *xylene* maupun pelarut cat lainnya.

Dengan mengacu pada paparan yang ditulis di bagian latar belakang tersebut maka perumusan masalah penelitian ini disusun sebagai berikut. (1) Berapakah konsentrasi rerata paparan *xylene* di dalam cat pada pekerja? (2) Bagaimana hubungan konsentrasi MHA dengan paparan *xylene*? Selanjutnya, mempertimbangkan perumusan masalah yang ditulis tersebut, dapatlah dibuat tujuan penelitian seperti berikut. (1) Mengetahui konsentrasi paparan *xylene*

pada pekerja pengecatan mobil. (2) Menganalisis hubungan konsentrasi MHA dengan paparan *xylene*.

Premis dan Hipotesis

Penelitian paparan *xylene* sudah pernah dilaksanakan oleh beberapa peneliti. Lunberg, I dan Sollenberg, J (1986) meneliti korelasi paparan *xylene* dan MHA dalam urin pada pekerja industri pengecatan yang dimuat pada jurnal *Scand J Work Environ Health* (1986) 12(2): 149-153. Penelitian ini membandingkan nilai MHA yang terekskresi melalui urin dengan konsentrasi paparan *xylene* per 8 jam kerja pada 40 pekerja industri pengecatan dengan 12 macam pelarut. Kisaran konsentrasi *xylene* antara 0 dan 865 mg/m³. Ada 37 orang yang terpapar antara 0 - 200 mg/m³.

Penelitian tentang evaluasi paparan uap aromatik (benzene, toluene, *xylene*: BTX) dari uap bensin dilakukan pada petugas layanan stasiun pengisian bahan bakar bensin di Spanyol. Penelitian tersebut pernah dilakukan oleh Periago, J. F dan Prado, C (2005), tergabung dalam kelompok riset di Institut Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Murcia, Spanyol. Latar belakang penelitian tersebut adalah petugas layanan pengisian bahan bakar bensin terpajan uap bensin selama bongkar muat, dan selama pengangkutan. Hal tersebut dapat menimbulkan pancaran uap bensin yang mengandung paparan bahan kimia yang kuat (BTX dalam konsentrasi tinggi).

Chen, et. all. (1991) meneliti pengaruh pelarut organik terhadap fungsi organ hati pada 180 pekerja di dua perusahaan pembuatan cat dan di duapuluh dua (22) industri pengecatan dengan *spray* (terdiri atas 16 pengecatan mobil, 2 pengecatan pesawat, 3 pengecatan terminal video, dan 1 pengecatan trailer). Dengan alat personal sampling, udara di dekat zone pernapasan pekerja diambil kemudian dicek fungsi

hatinya dari kemungkinan insidensi hepatitis B pada setiap pekerja. Para pekerja juga diberi sebuah kuesioner untuk mengetahui kondisi psikologisnya, rekam-jejak kesehatannya, kebiasaan minum alkohol, dan penggunaan obat-obatan.

Dilandaskan pada latar belakang dan premis tersebut, disusun dua hipotesis.

Hipotesis 1: Terjadi paparan *xylene* pada pekerja informal bengkel pengecatan mobil.

Hipotesis 2: Ada peningkatan konsentrasi MHA seiring dengan paparan *xylene*.

METODE

Sifat penelitian ini adalah observatif dengan perangkat kuesioner. Pada tahap awal. bengkel di lokasi studi dikelompokkan berdasarkan karakteristik tempat (terbuka, semi tertutup, dan tertutup). Pengambilan sampel ditentukan dengan konsep "pekerja dengan kemungkinan paparan terbesar". Dengan konsep ini maka pendekatan yang dilakukan adalah pemilihan berdasarkan *maximum risk worker*, yaitu pekerja yang diasumsikan memiliki paparan terbesar. Pertimbangannya adalah: a. Pekerja dengan jarak terdekat dari sumber paparan, b. Mobilitas pekerja, c. Pola gerakan udara, dan d. Kebiasaan pekerja.

Karasak, sebuah kelurahan di Kota Bandung dijadikan lokasi penelitian karena banyak ada pekerja informal perbaikan dan pengecatan mobil. Bengkel terpusat di tiga RW, yaitu RW 05 dan RW 09 Kelurahan Kebon Lega, Kecamatan Bojongloa Kidul, dan RW 02 Kelurahan Karasak, Kecamatan Astana Anyar. Dua kelurahan tersebut dibatasi oleh Sungai Citepus. Bagian barat adalah Kelurahan Kebonlega, Kecamatan Bojongloa Kidul dan bagian timur adalah Kelurahan Karasak, Kecamatan Astana Anyar. Letak bengkel menyebar di permukiman padat penduduk di sekitar jalan tersebut seperti tampak dalam Gambar 1 yang diambil dari *Google Earth*, 2013.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber: *Google Earth*, 2013

Karena banyak ada bengkel pengecatan, maka siapapun yang masuk ke daerah ini akan membaui aroma khas cat mobil yang bisa menimbulkan mual dan pusing. Densitas bengkel di dalam satu lokasi bisa lebih dari sepuluh dengan ukuran masing-masing 3 x 5 meter persegi. Umumnya tanpa dinding sehingga pada saat satu pekerja menyemprot mobil maka pekerja yang lain di sebelahnya ikut terpapar juga. Pekerja juga biasa mengecat mobil di jalan, di depan rumah, atau di pinggir dapur sehingga warga yang lewat pun ikut terpapar. Sebagai ilustrasi, gambar atau foto lokasi bengkel dapat dilihat pada Gambar 2.

Umumnya pengusaha dan pekerja bengkel di Karasak adalah penduduk asli setempat. Mereka tinggal dan melakukan kegiatan usaha di sekitar rumahnya. Walaupun jumlah bengkel cukup banyak dan kegiatannya sudah cukup lama, tetapi belum ada wadah

(koperasi atau sejenisnya) yang dapat menampung aspirasi pemilik dan pekerja bengkel, sehingga data mengenai jumlah bengkel dan pekerjanya sulit didapatkan. Oleh karena itu, peneliti melakukan survey dan pendataan sebelum pengukuran dan sampling. Data yang berhasil dihimpun ditulis pada Tabel 1.

Dari data pada tabel di bawah terlihat bahwa tidak semua pekerja bengkel melakukan proses pengecatan. Dari setiap bengkel hanya ada satu atau dua orang saja yang bisa, biasa, dan boleh mengecat. Umumnya para pemilik bengkel merangkap sebagai pengecat. Pekerja lainnya melakukan tugas selain mengecat, yaitu melakukan pekerjaan mengumpon, mengampelas, mengelas dan mencuci. Jam kerja mereka rata-rata dimulai dari pukul 08.00 dan selesai pada pukul 16.00 WIB.



Gambar 2. Kondisi Bengkel Karasak
Sumber: Data Primer Diolah, 2013

Tabel 1. Data Bengkel dan Pekerja Bengkel Mobil di Karasak, Kota Bandung

Tempat	RW	Jumlah Bengkel	Jumlah Pekerja	Jumlah Pengecat
Kelurahan Kebon Lega, Kecamatan Bojongloa Kidul	05	34	103	46
	09	4	19	7
Kelurahan Karasak Kecamatan Astana Anyar	02	7	33	16
Jumlah		45	155	69

Sumber: Data Sekunder Diolah, 2013

Pada bengkel pengecatan informal umumnya kegiatan tidak seperti pada bengkel besar, hal ini disebabkan oleh fasilitas yang terbatas dan tidak memadai. Pada bengkel pengecatan informal tidak ditemukan adanya *oven* sehingga pengecatan sangat bergantung pada cuaca. Apabila cuaca cukup terik dan panas maka pengecatan baru dapat dilakukan. Beberapa merek cat yang sering digunakan adalah *Autolux*, *Nippon Paint*, *Dana Paint*, *Sikken*, *Top Colour*, *Pasific Paint*, dan lain-lain. Pengecat dapat mencampur tiga warna dari tiga merek yang berbeda untuk memperoleh warna yang diinginkan. Harga dan lamanya waktu pengecatan bergantung pada jenis dan merek cat yang digunakan.

Berikut ini diuraikan proses pengecatan mobil oleh pekerja informal di Karasak.

1. Tahap awal, bagian yang akan dicat digosok dengan ampelas nomor 800 kemudian dihaluskan dengan ampelas nomor 1000.
2. Cuci sampai bersih lalu keringkan dengan kain kemudian dipanaskan di bawah terik matahari sampai kering.
3. Aplikasikan cat *epoxy* kemudian dijemur sampai kering. Diampelas lagi dengan nomor 1200 sampai rata permukaannya.
4. Cuci lagi dengan air bersih, jemur hingga kering lalu bersihkan dengan kain lembut (kaos).
5. Aplikasikan cat dengan cat dasar yang diinginkan di tempat yang kena sinar matahari.
6. Jemur sampai kering kemudian ampelas dengan ampelas yang nomornya di atas 1200. Pengampelasan cukup tipis-tipis saja.
7. Pewarnaan (proses pengecatan akhir), warna sesuai dengan yang diinginkan dan campuran cat lebih encer. Biasanya 1 liter cat ditambah 4 liter *thinner*. Dalam proses

pengecatan cukup satu kali menarik spoit cat, tidak diulang-ulang, agar rata. Kemudian dijemur hingga kering.

8. Terakhir adalah *vernish*. Hasil yang baik sangat bergantung pada merk. Hasilnya kendaraan seperti diberi minyak, mengkilap walaupun tidak dicuci.

Pada penelitian ini pengambilan sampel *xylene* di *breathing zone* (zone pernapasan) dilakukan pada tahap No. 7. Pada tahap ini pekerja menggunakan *sprayer* untuk mengaplikasikan cat pada permukaan kendaraan dan menggunakan *thinner* yang banyaknya 4 kali lebih banyak daripada cat. Pada tahap ini akan terbentuk kepulan kabut pekat dari *sprayer* dan tercium aroma yang menyengat.

Lokasi Sampling

Sampling dilaksanakan di bengkel Jalan Karasak sebagai jalan utama dan di bengkel yang berada di tengah permukiman padat penduduk. Lokasi *sampling* yang dipilih terdiri atas bengkel terbuka, bengkel semi tertutup, dan bengkel tertutup. Pemilahan jenis bengkel ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan pengaruh lokasi pengecatan. Faktor lingkungan seperti suhu, kecepatan dan arah angin sangat berpengaruh terhadap paparan *xylene*, dipengaruhi juga oleh kondisi bengkel apakah terbuka, semi tertutup, atau tertutup.

Bengkel terbuka adalah bengkel tanpa penutup atap, biasanya berlokasi di lapangan, di pinggir jalan seperti tampak pada Gambar 3. Pada bengkel terbuka ini cat yang diaplikasikan ke badan mobil akan lebih cepat kering. *Xylene* menguap ke udara ambien atau terbawa angin sehingga mengurangi paparan terhadap pekerja. Kerugiannya pada saat hujan, pekerja tidak dapat melaksanakan pengecatan.



Gambar 3. Bengkel Terbuka

Sumber: Penulis, 2013

Bengkel semi tertutup adalah bengkel yang memiliki atap semi permanen, maksimal 50% dari luas seluruh bengkel. Pada bengkel ini pekerja terlindung dari terik matahari dan cat yang diaplikasikan akan mengering dengan adanya hembusan angin, tetapi lambat pengeringannya. *Xylene* dapat tertahan dan terhisap oleh pekerja. Bengkel semi tertutup dapat dilihat pada Gambar 4.

Bengkel tertutup adalah bengkel yang memiliki penutup permanen, baik bagian atas maupun samping kiri kanannya hingga mencapai 75% dari total luas lokasi. Bagian depan bengkel biasanya terbuka, menghadap ke jalan, sedangkan sisi kiri dan

kanannya ditutupi tembok. Bagian atap bengkel tertutup seluruhnya, tetapi ada beberapa bengkel yang membuat ventilasi yang bisa ditutup dan dibuka pada bagian atas, atau membuat ventilasi di antara tembok dan atap untuk memberikan ruang gerak atau sirkulasi angin. Bengkel tertutup ini banyak dijumpai di Karasak. Walaupun sulit dalam proses pengeringan, tetapi bengkel tipe ini umumnya memiliki banyak pelanggan karena dapat melakukan pekerjaan pengecatan pada saat cuaca mendung atau hujan, bahkan pada malam hari. Gambaran bengkel tertutup dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Bengkel Semi Tertutup
Sumber: Penulis, 2013



Gambar 5. Bengkel Tertutup
Sumber: Penulis, 2013

Tabel 2. Jumlah Sampel TOP 10% ($r=0,1$) dan Derajat Kepercayaan 90% ($\alpha=0,1$)

Populasi (N)	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-26	30-37	38-49	50	∞
Sampel (n)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22

Keterangan: jika $N \leq 8$, maka $n=N$

Sumber: Leidel (1977)

Tabel 3. Jumlah Sampel TOP 10% ($r=0,1$) dan Derajat Kepercayaan 0,95 ($\alpha=0,05$)

Populasi (N)	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	∞
Sampel (n)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29

Keterangan: jika $N \leq 11$, maka $n=N$

Sumber: Leidel (1977)

Tabel 4. Jumlah Sampel TOP 20% ($r=0,2$) dan Derajat Kepercayaan 0,90 ($\alpha=0,1$)

Populasi (N)	6	7 - 9	10 - 14	15 - 26	27 - 50	51 - ∞
Sampel (n)	5	6	7	8	9	11

Keterangan: jika $N \leq 5$, maka $n=N$

Sumber: Leidel (1977)

Tabel 5. Jumlah Sampel TOP 20% ($r=0,2$) dan Derajat Kepercayaan 0,96 ($\alpha=0,05$)

Populasi (N)	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	51- ∞
Sampel (n)	6	7	8	9	10	11	12	14

Keterangan: jika $N \leq 6$, maka $n=N$

Sumber: Leidel (1977)

Dalam penelitian ini ada 30 orang pekerja yang menjadi subjek penelitian, dipilih secara acak dengan memperhatikan jenis bengkel yang berbeda. Perangkat penelitian berupa kuesioner dan pengambilan contoh sampel paparan di sekitar organ pernapasan (hidung) setiap pekerja. Penentuan jumlah sampel mengacu pada saran Leidel (1977) seperti pada Tabel 2 s.d Tabel 5.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini melibatkan dua variabel, yaitu variabel bebas dan terikat. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebasnya adalah konsentrasi *xylene* yang terpapar pada pekerja dan variabel terikatnya adalah konsentrasi MHA di dalam urin pekerja.

Teknik Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini ada dua. Yang pertama adalah data primer, yaitu data yang diperoleh langsung di lokasi penelitian berupa observasi lapangan, hasil kuesioner dan pengambilan sampel yang kemudian dianalisis di laboratorium. Data yang dimaksud diuraikan di bawah ini.

1. Konsentrasi paparan *xylene*. Udara yang diambil adalah contoh udara di dekat zona pernapasan selama jam kerja. *Sampling* menggunakan tabung adsorber (*charcoal tube*) dan pompa aliran rendah (0,05-0,1 liter/menit), *personal sampling pump*. Tabung adsorber diletakkan di antara dada dan hidung (zona pernapasan) pekerja. Setelah *sampling*, isi tabung dikeluarkan dan dilarutkan dalam larutan *carbon disulfid* (CS_2) kemudian dianalisis dengan *Gas Chromatography, Flame Ionized Detector* (GC/FID) berdasarkan metode NIOSH nomor 1501.

2. *Sampling* urin dan *analisis MHA*. Contoh urin diambil dua kali, yakni saat sebelum bekerja pada hari Senin (asumsi: Minggu adalah libur sehingga tidak ada paparan) yang dianggap sebagai zero dan urin setelah bekerja pada sore hari yang dianggap sebagai urin setelah terjadi paparan. Kondisi *sampling* dengan 0,5 g kristal *tymol* sebagai pengawet dan suhu penyimpanan 4° C sampai analisis di laboratorium dilakukan. Analisisnya dengan *High Performance Liquid Chromatography-UV detector*, berdasarkan metode NIOSH nomor 8031.

3. Gangguan kesehatan. Pengumpulan data dilaksanakan dengan wawancara dan pengisian kuesioner. Pertanyaan meliputi usia, masa kerja, berat dan tinggi badan, pendidikan, status gizi, kebiasaan merokok, minum alkohol dan kopi, makan dan minum, lamanya bekerja, penggunaan APD, keluhan kesehatan yang dirasakan selama bekerja.

Yang kedua adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi pemerintah seperti dinas Kependudukan Kota Bandung, Puskesmas Kopo dan Pelindung Hewan serta kantor Kelurahan Kebon Lega dan Kelurahan Karasak.

Teknik Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan analisis korelasi, yakni menghubungkan antara konsentrasi *xylene* yang terpapar dan konsentrasi MHA yang terkandung dalam hasil ekskresi urin dengan regresi linear. Apabila terjadi paparan *xylene* maka akan terbentuk garis linear antara *xylene* dan MHA yang menandakan adanya paparan yang masuk ke dalam tubuh. Makin banyak yang masuk ke dalam tubuh maka makin banyak pula MHA yang terekskresi melalui urin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan informasi mengenai komposisi zat kimia yang terkandung di dalam cat maka di samping mencari di berbagai literatur yang ada, sampel cat yang digunakan oleh bengkel juga dianalisis. Sampel diambil beberapa bagian dan dianalisis dengan *Gas Chromatography - Mass Spectrum (GC-MS)*. Cat terdiri dari zat utama dan pelarut. *Xylene* adalah salah satu penyusun pelarut, dalam hal ini adalah thinner. Di bengkel, jenis thinner yang digunakan oleh pekerja tidak jelas mereknya. Pekerja sering mencampur beberapa merek atau bahkan hanya mencantumkan merek tetapi komposisinya tidak jelas. Ini sebabnya, dilaksanakan pengujian di laboratorium untuk mengetahui komposisi yang sebenarnya.

Data hasil analisis laboratorium ditulis pada Tabel 6. Dari hasil analisis dengan alat GC-MS diperoleh bahwa konsentrasi *xylene* dalam cat sebesar 4,72%. *Xylene* yang dimaksud adalah total *xylene* (tiga isomer yakni *m-xylene*, *p-xylene*, *o-xylene*).

Tabel 6. Hasil Analisis Sampel Cat

No.	Senyawa yang teridentifikasi	Komposisi Sampel Cat(%)
1	<i>n-Butane</i>	0,41
2	<i>2-Methyl butane</i>	9,72
3	<i>Pentane</i>	10,13
4	<i>2-Methyl pentane</i>	11,97
5	<i>3-Methyl pentane</i>	5,72
6	<i>Hexane</i>	6,54
7	<i>Methyl cyclopentane</i>	4,62
8	<i>Unknown</i>	11,07
9	<i>3,3,4-trimethyl hexane</i>	11,78
10	<i>n-Heptane</i>	2,02
11	<i>Methyl -cyclohexane</i>	4,94
12	<i>Toluen</i>	8,47
13	<i>Unknown</i>	7,31
14	<i>Ethyl Benzene</i>	0,58
15	<i>Xylene</i>	4,72

Sumber: Data Primer Diolah, 2013.

Hasil Pengukuran *Breathing Zone Xylene*

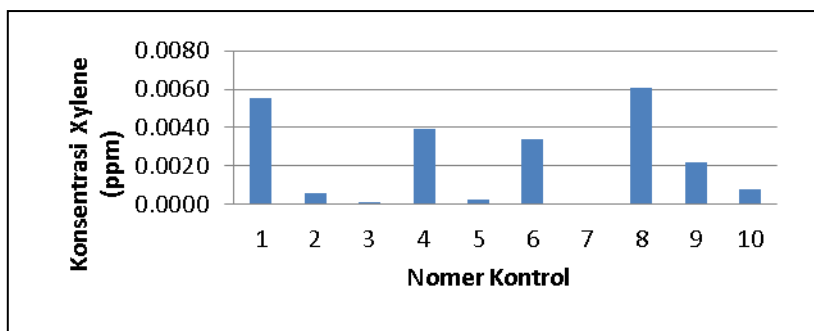
Pengukuran konsentrasi *xylene* pada area pernapasan (*breathing zone*) yang dilakukan dengan *personal sampling pump* dan kemudian dianalisis dengan alat *Gas Chromatography-FID* berkisar antara 0,097 ppm hingga 4,447 ppm dengan rerata 0,718 ppm. Data diambil satu kali selama pekerja mengecat dan ditulis pada Tabel 7.

Selain pada kelompok pekerja, diambil juga sampel dari kelompok kontrol. Kontrol adalah sampel yang diambil dari orang-orang nonpekerja bengkel dan secara teknis tidak terpapar langsung oleh cat. Pada kelompok kontrol diperoleh konsentrasi *xylene* sebesar 0,000 ppm hingga 0,006 ppm dengan rata-rata 0.002 ppm seperti pada Gambar 6.

Tabel 7. Konsentrasi *Xylene* Hasil Pengukuran

No	Nama	Konsentrasi (ppm)
1.	Iyon	0.412
2.	Atep	0.157
3.	Umar	0.188
4.	Dedi Ibo	0.097
5.	Ade	0.100
6.	Otong	1.057
7.	Dedi Stanza	0.691
8.	Aa Mahmud	1.126
9.	Andi	0.152
10.	Dahlan	0.042
11.	Udan	0.088
12.	Iri	0.251
13.	Endek	0.019
14.	Dedi Beben	0.343
15.	Ace	0.054
16.	Dadang Domba	0.087
17.	Asep Novi	0.672
18.	Mara	0.372
19.	Ujang	4.447
20.	Herry	0.249
21.	Ajum	1.478
22.	Heri Jawa	0.173
23.	Kankan	2.648
24.	Uca Dadang	0.235
25.	Asep Sutarjat	3.176
26.	Oleh	0.080
27.	Nono	0.151
28.	Rudi	1.122
29.	Mardi	1.843
30.	Tatan	0.037

Sumber: Data Primer Diolah, 2013.



Gambar 6. Diagram Batang Konsentrasi *Xylene* pada Kelompok Kontrol

Sumber: Data Primer Diolah, 2013.

Dari hasil pengukuran sampel diperoleh rata-rata konsentrasi *xylene* sebesar 0,002 ppm (2 ppb). Menurut USEPA konsentrasi rata-rata *xylene* pada udara *outdoor* sebesar 1-30 ppb. Hal ini berarti konsentrasi *xylene* di udara masih dalam kondisi normal.

Hasil Pengukuran MHA

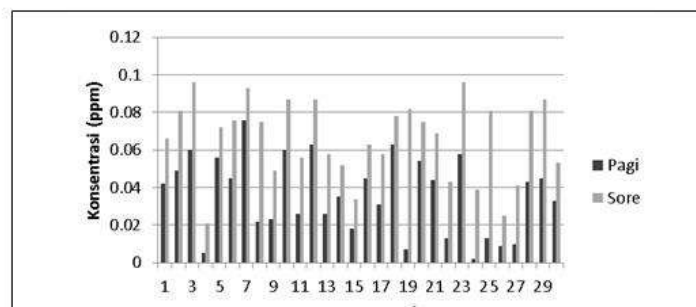
Pengukuran MHA dilakukan dua kali sehari, yakni saat pagi sebelum bekerja dan sore

setelah bekerja dengan asumsi *xylene* yang masuk ke dalam tubuh telah dimetabolisme dan dikeluarkan melalui urin. Begitu juga untuk kelompok kontrol. Dari hasil analisis diperoleh nilai MHA berkisar antara 0,0150 g/g kreatinin dan 0,0750 g/g kreatinin dengan rata-rata 0,029 g/g kreatinin. Hasil pengukuran MHA ditulis pada Tabel 8 dan Gambar 7 dan kontrolnya pada Gambar 8.

Tabel 8. Hasil Pengukuran *Methyl Hippuric Acid*

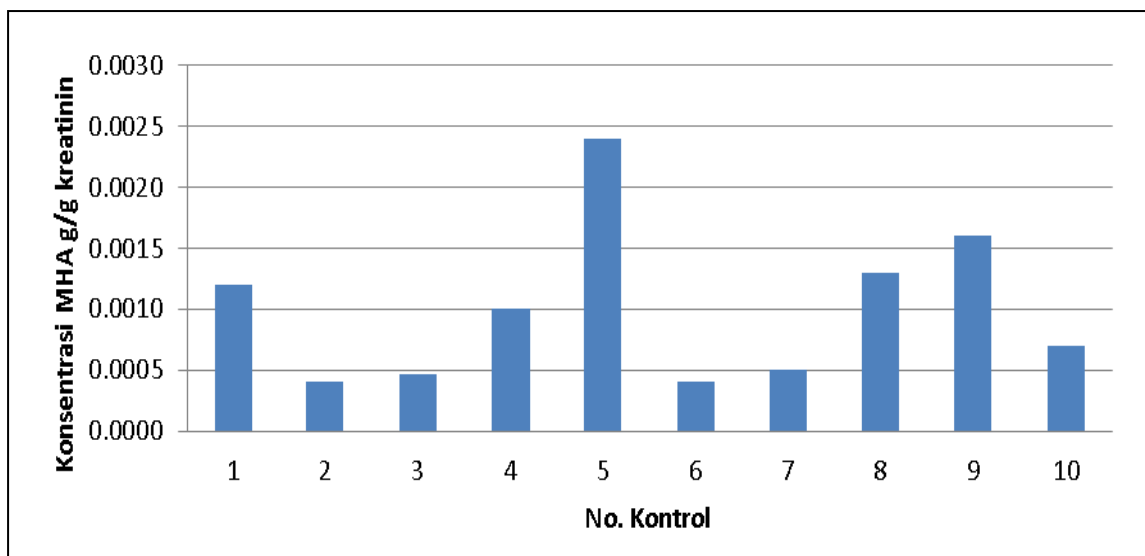
No	Nama	Konsentrasi (g/g kreatinin)		
		Pagi	Sore	Selisih
1.	Iyon	0.042	0.066	0.0240
2.	Atep	0.049	0.081	0.0320
3.	Umar	0.060	0.096	0.0360
4.	Dedi Ibo	0.005	0.021	0.0160
5.	Ade	0.056	0.072	0.0160
6.	Otong	0.045	0.076	0.0310
7.	Dedi Stanza	0.076	0.093	0.0170
8.	Aa Mahmud	0.022	0.075	0.0530
9.	Andi	0.023	0.049	0.0260
10.	Dahlan	0.060	0.087	0.0270
11.	Udan	0.026	0.056	0.0300
12.	Iri	0.063	0.087	0.0240
13.	Endek	0.026	0.058	0.0320
14.	Dedi Beben	0.035	0.052	0.0170
15.	Ace	0.018	0.034	0.0160
16.	Dadang Domba	0.045	0.063	0.0180
17.	Asep Novi	0.031	0.058	0.0270
18.	Mara	0.063	0.078	0.0150
19.	Ujang	0.007	0.082	0.0750
20.	Herry	0.054	0.075	0.0210
21.	Ajum	0.044	0.069	0.0250
22.	Heri Jawa	0.013	0.043	0.0300
23.	Kankan	0.058	0.096	0.0380
24.	Uca Dadang	0.002	0.039	0.0370
25.	Asep Sutarjat	0.013	0.081	0.0680
26.	Oleh	0.009	0.025	0.0160
27.	Nono	0.010	0.041	0.0310
28.	Rudi	0.043	0.081	0.0380
29.	Mardi	0.045	0.087	0.0420
30.	Tatan	0.033	0.053	0.0200

Sumber: Data Primer Diolah, 2013



Gambar 7. Konsentrasi *Methyl Hippuric Acid*

Sumber: Data Primer Diolah, 2013.



Gambar 8. Konsentrasi Methyl Hippuric Acid Kelompok Kontrol

Sumber: Data Primer Diolah, 2013.

Agar tampak jelas perbedaannya, maka tabel di atas diubah menjadi *bar diagram* seperti pada Gambar 7.

Kelompok kontrol adalah warga di sekitar area yang tidak melakukan pekerjaan pengecatan dan diasumsikan tidak terkena dampak langsung pengecatan. Kegunaan kelompok kontrol ini adalah untuk mengetahui konsentrasi MHA pada warga setempat yang bukan pekerja bengkel.

Nilai Ambang Batas (NAB) *xylene* di udara lingkungan kerja di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13 Tahun 2011 sebesar 100 ppm. Tampak bahwa hasil analisis seluruh pengukuran tidak ada yang melebihi NAB. Berdasarkan hasil pengujian komposisi cat pada tabel tersebut, konsentrasi *xylene* yang terkandung pada cat lebih kecil daripada jumlah konsentrasi pelarut organik lainnya. Artinya, *xylene* bukan pelarut utama dalam cat sehingga konsentrasi *xylene* yang terpapar pada pekerja bengkel pengecatan mobil nilainya sangat kecil dan tidak melebihi NAB.

Faktor lain dari penyebab konsentrasi *xylene* tidak melebihi NAB adalah kondisi bengkel. Sudah dibahas sebelumnya bahwa kondisi bengkel yang dijadikan tempat penelitian terdiri atas berbagai macam kondisi. Bengkel dikelompokkan menjadi bengkel terbuka, semi terbuka, dan tertutup. Lantaran hasilnya beragam konsentrasi, maka dibuat analisis berdasarkan sirkulasi udara. Peneliti menghubungkan kemungkinan terjadinya

variasi konsentrasi pada tiap jenis bengkel dengan uji statistik satu jalur ANOVA sebagai berikut.

Dari pengujian dengan ANOVA terlihat bahwa nilai $p < 0.05$. Ini menyatakan bahwa ada perbedaan antara tiap jenis bengkel. Kondisi bengkel berpengaruh pada kondisi pekerja. Pada bengkel yang terbuka *xylene* akan menguap ke udara dan menghilang ketika kena sinar matahari karena memiliki sirkulasi udara yang baik. Sebaliknya pada bengkel tertutup, *xylene* akan terjebak di ruangan dan tidak bisa lepas ke udara sehingga *xylene* akan mudah terhirup oleh pekerja bengkel. Makin tertutup sebuah ruangan makin buruk sirkulasi udaranya. Hal ini terlihat pada sampel nomor 19 dengan konsentrasi tertinggi, yaitu 4,447 ppm. Begitu pula dengan sampel 23 dan 25 memiliki konsentrasi yang relatif tinggi dibandingkan dengan sampel lain yang berlokasi di bangkel yang tidak tertutup.

Korelasi Xylene dan MHA

Ada beberapa cara untuk mengukur korelasi. Pada penelitian ini digunakan analisis korelasi dengan "regresi sederhana". Regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh antara variabel independen dan variabel dependen. Konsentrasi *xylene* sebagai variabel independen dan konsentrasi MHA sebagai variabel dependen. Untuk melihat paparan *xylene* pada pekerja maka konsentrasi *xylene* ditempat kerja dan hasil metabolisme *xylene* atau MHA yang terkandung dalam urin pekerja harus dihubungkan. Apabila

tidak ada hubungan maka perlu studi lebih lanjut karena bisa saja konsentrasi *xylene* tinggi tetapi MHA yang terekskresi sedikit atau sebaliknya. Perlu dilihat faktor-faktor pendukung lainnya seperti kebiasaan menggunakan APD, kondisi tempat kerja, dan kebiasaan merokok.

Sudah diketahui MHA dapat terekskresi paling cepat 2 jam setelah awal paparan dan mencapai puncaknya setelah 7-8 jam dari akhir paparan (David, 1979). Berikut adalah hasil analisis dengan regresi linear sederhana menggunakan SPSS.

Tabel 9. Pengaruh Tempat Terhadap Konsentrasi *Xylene*

Jenis Bengkel	N	Rata-rata	Std. Deviation	P Between
Terbuka	8	0.216	0.13404	0.002
Semi terbuka	10	0.315	0.45619	
Tertutup	12	1.600	1.02936	

Sumber: Data Primer Diolah (SPSS), 2013

Tabel 10. Statistik Deskripsi

	Mean	Std. Deviation	N
MHA	.029933	.0145837	30
Xylene	.718233	1.0560578	30

Sumber: Data Primer Diolah (SPSS), 2013

Dari perhitungan diperoleh rata-rata konsentrasi MHA = 0,0299 (g/g kreatinin) dengan standar deviasi 0,0145 dan rata-rata konsentrasi *xylene* = 0,7182 dan standar deviasi 1,0560 ppm. Dengan menggunakan regresi linear diperoleh nilai $R = 0,8135$. Ini menunjukkan hubungan antara *xylene* dan MHA cukup kuat berdasarkan korelasi Guilford. Arah hubungan yang positif (tidak ada tanda negatif pada angka 0,8135) menunjukkan semakin besar konsentrasi *xylene* akan membuat konsentrasi MHA ikut meningkat. Walaupun tidak mendekati sempurna ($R=1$) ini sudah cukup untuk menyatakan bahwa para pekerja terpapar *xylene*.

Angka R^2 (R^2) adalah 0,6617, biasa disebut koefisien determinasi. R^2 digunakan untuk mengetahui persentase sumbangan pengaruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen. Ini berarti 66,17% dari variabel MHA dapat dijelaskan oleh variabel *xylene*. Sedangkan sisanya ($100\% - 66,17\% = 33,83\%$) disebabkan oleh variabel lain. R^2 berkisar pada angka 0 sampai 1. Makin kecil R^2 , makin lemah

hubungan kedua variabel. Begitu pula sebaliknya. Dari perhitungan diperoleh juga persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 0,0219 + 0,0112 X$$

Keterangan:

Y = Konsentrasi MHA

X = Konsentrasi *xylene*

Penjelasan persamaan tersebut sebagai berikut.

- Konstanta senilai 0,0219 menyatakan bahwa apabila konsentrasi *xylene* pada saat pengukuran adalah 0 ppm maka MHA yang terukur = 0,0219 (g/g kreatinin).
- Koefisien regresi sebesar 0,0112 menyatakan bahwa setiap penambahan konsentrasi (karena tanda +) 1 ppm akan meningkatkan konsentrasi MHA sebesar 0,0112. Tanda positif (+) menyatakan hubungan searah, yaitu kenaikan atau penurunan variabel independen (X) akan mengakibatkan kenaikan/penurunan variabel dependen (Y).

Tabel 11. Statistik Korelasi

		MHA	Xylene
Pearson Correlation	MHA	1.000	.813
	Xylene	.813	1.000
Sig. (1-tailed)	MHA	.	.000
	Xylene	.000	.
N	MHA	30	30
	Xylene	30	30

Sumber: Data Primer Diolah (SPSS), 2013

Tabel 12. Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.813 ^a	.662	.650	.0086325

a. Predictors: (Constant), Xylene b. Dependent Variable: MHA

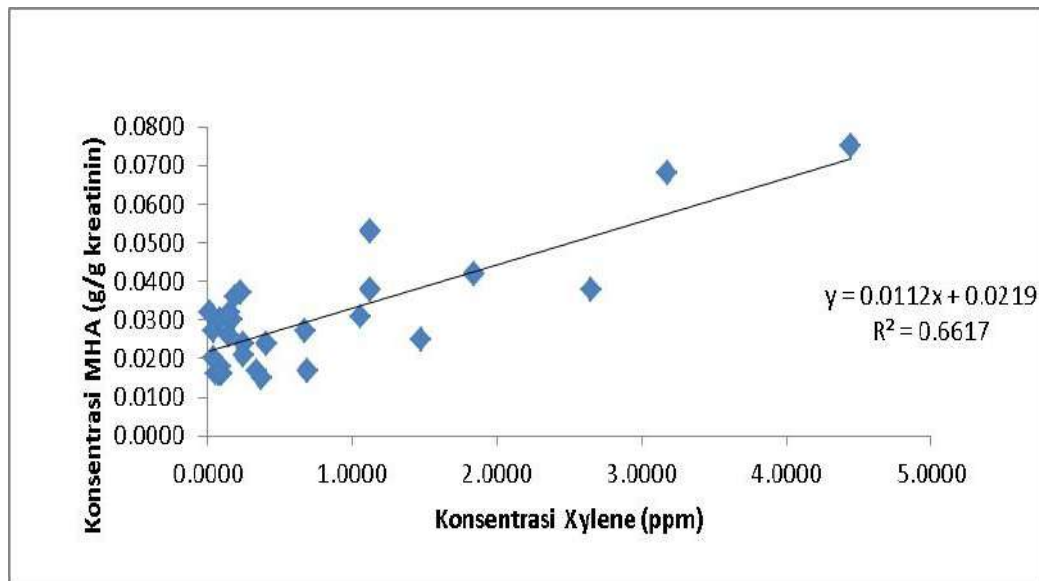
Sumber: Data Primer Diolah (SPSS), 2013

Tabel 13. Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.022		11.409	.000
	Xylene	.011	.813	7.401	.000

a. Dependent Variable: MHA

Sumber: Data Primer Diolah (SPSS), 2013



Gambar 9. Grafik Regresi Linear Xylene vs MHA

Sumber: Data Primer Diolah, 2013

Faktor Pengaruh pada Kinetika Xylene

Ada sejumlah kondisi yang mempengaruhi analisis MHA pada pekerja. Kebiasaan merokok dapat menambah konsentrasi MHA karena rokok mengandung *xylene* dalam jumlah yang sangat sedikit. Selain itu ada pula penggunaan aspirin dan alkohol yang dapat menghambat metabolisme *xylene* menjadi MHA di dalam tubuh sehingga MHA yang teranalisis menjadi berkurang. Data perokok tidak dimasukkan karena hanya beberapa orang dan mereka takut jarum suntik (takut terdeteksi menggunakan obat-obatan terlarang/narkoba. Ini asumsi dari warga setempat).

1. Rokok

Kebiasaan para pekerja tidak lepas dari rokok. Tidak ada peraturan yang ketat di negara ini menyebabkan rokok bebas diperjualbelikan. Tidak ada larangan merokok di tempat umum ikut memperparah keadaan

ini. *Xylene* terdeteksi dalam asap rokok, produk konsumen, dan makanan. Meskipun tidak terlalu besar tapi cukup memberikan kontribusi dalam peningkatan MHA pada objek penelitian. Dari data kuesioner didapatkan data jumlah batang rokok yang dihisap/hari dan lamanya merokok (tahun). Data tersebut kemudian dinyatakan dengan *Indeks Brinkman* (IB), yaitu perkalian antara lama merokok dengan jumlah batang rokok yang dihisap dalam sehari, dengan patokan jika nilai IB = nol (bukan perokok), IB = 1 - 200 (perokok ringan), IB = 201 - 600 (perokok sedang), IB > 600 (perokok berat).

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan konsentrasi MHA antara kelompok perokok maka dibuat uji statistik dengan hasil apabila nilai $p < 0,05$ maka dianggap signifikan. Hasilnya dengan *software* SPSS ditabelkan di bawah ini .

Tabel 14. Perbedaan Konsentrasi MHA Berdasarkan Kebiasaan Merokok

Kebiasaan Merokok	n	Rata-rata (g/g kreatinin)	Standar Deviasi	Signifikan
Bukan perokok	3	0.0270	0.0030	0.865
Ringan	9	0.0280	0.0099	
Sedang	16	0.0306	0.0186	
Berat	2	0.0370	0.0014	

Sumber: Data Primer Diolah, 2013

Diperoleh nilai signifikan sebesar 0,865 (>0,05) hal ini menyatakan tidak ada perbedaan yang mencolok antar kelompok berdasarkan kebiasaan merokok. Namun demikian, rata-ratanya berbeda cukup jauh antara kelompok bukan perokok dan perokok berat. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi *xylene* pada perokok berat cukup tinggi, mencapai 2,6480 ppm pada sampel nomor 23. Namun pada perokok berat lainnya, yaitu pada sampel nomor 3 dengan konsentrasi *xylene* 0,1880 ppm dan MHA 0.0360 g/g kreatinin dibandingkan dengan sampel dari kelompok bukan perokok, yakni sampel nomor 12 dengan konsentrasi *xylene* 0,2510 ppm dan MHA 0,0240 g/g kreatinin.

Pada sampel perokok berat diperoleh konsentrasi MHA yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang tidak merokok padahal paparan *xylene* pada perokok berat lebih rendah. Dengan hasil seperti ini dan dengan pertimbangan *xylene* yang terkandung dalam rokok sangat kecil (berkisar <0,005 – 1 mg/rokok) maka disimpulkan bahwa rokok berpengaruh dalam peningkatan MHA namun tidak signifikan. Ada perbedaan tetapi rendah sekali.

Dengan menggunakan *odd ratio* bisa dilihat seberapa jauh risiko perokok dibandingkan dengan yang tidak merokok. *Odd ratio* adalah besarnya risiko relatif bagi yang terpapar oleh faktor yang menyebabkan sakit atau untuk menjadi sakit dibandingkan dengan yang tidak terpapar. *Odd ratio* digunakan untuk mencari risiko relatif dalam

penelitian apabila insiden tidak dapat diukur. *Odd ratio* dapat digunakan pada penelitian *case control referent* dan *cross sectional*. Pada data yang ada dilihat perbandingan antara perokok dan tidak perokok berdasarkan rata-rata konsentrasi MHA.

Perhitungan *Odd Ratio* (Winder & Stacey) adalah:

$$\begin{aligned} \text{Odd Ratio} &= (A \times D) / (B \times C) \\ \text{Odd Ratio} &= (2 \times 13) / (14 \times 1) \\ &= 1,8571 \end{aligned}$$

Berdasarkan *odd ratio* maka pekerja yang merokok berisiko 1,8571 kali lebih banyak terpapar *xylene* dari pada yang tidak merokok.

2. Alkohol

Alkohol dapat mengganggu metabolisme *xylene* menjadi MHA sehingga MHA yang dikeluarkan melalui urin menjadi berkurang. Pada penelitian ini diperoleh informasi bahwa para pekerja tidak mengkonsumsi alkohol (menurut pengakuan mereka). Pekerja tidak bersedia memberikan jawaban atas pertanyaan ini Namun ada pula yang memang tidak mengonsumsi alkohol sehingga untuk gangguan alkohol tidak dapat dilakukan studi apakah mengganggu produksi MHA.

3. Pendidikan

Makin tinggi tingkat pendidikan seseorang seharusnya berdampak pada pemahaman yang baik pada keselamatan dan kesehatan kerja. Pada pengumpulan data diperoleh sebagai berikut.

Tabel 15. Tabel Odd Ratio

	n	Konsentrasi MHA	
		<0,0299	>0,0299
Tidak Merokok	3	2	1
Merokok	27	14	13

Sumber: Data Primer Diolah, 201

Tabel 16. Tingkat Pendidikan

Pendidikan	Jumlah
Rendah (SD)	14
Menengah (SMP - SMA)	16

Sumber: Data Primer Diolah, 2013

Dalam amatan di lokasi, tidak ada satu pun yang memahami kesehatan kerja. Tidak ada pekerja yang menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker dan sarung tangan. Ada yang hanya memakai kain yang dililitkan di sekitar hidung. Ini tidak berpengaruh karena *solvent* memiliki ukuran partikel yang sangat kecil (mikron) sehingga masih mampu menembus kain.

Atas dasar uraian di atas diperoleh bahwa *xylene* berpengaruh pada konsentrasi MHA. Sebagian besar *xylene* yang ada di dalam pelarut cat masuk ke dalam tubuh para pekerja. Ini terjadi karena kesadaran para pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri (APD) sangat rendah. Mereka merasa APD mengganggu pekerjaan dan mengganggu gerakan mereka. Walaupun ada yang menggunakan APD tetapi sekadar masker kain biasa, bukan *respirable mask* yang dapat mengadsorpsi racun. Kebanyakan menganggap bahwa masker kain dan masker *respirable* adalah sama. Faktanya, masker kain hanya mampu menahan partikel debu sedangkan masker *respirable* mampu menahan partikel dan juga mampu menyerap aerosol.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah konsentrasi *xylene* pada pekerja yang terpapar setiap kali bekerja sebesar 0,042 hingga 4,447 ppm. Berdasarkan acuan pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.13/2011. konsentrasi *xylene* yang ditemukan tidak melebihi nilai ambang batas 100 ppm. Diperoleh juga bahwa hubungan antara *xylene* dan MHA cukup kuat dengan nilai *r* (korelasi) 0,813. Makin besar konsentrasi *xylene* makin tinggi juga konsentrasi MHA

sehingga pekerja bengkel yang diteliti dapat dinyatakan terpapar *xylene*.

DAFTAR PUSTAKA

- CHEN, J.D, WANG, J.G., PYNG, J., CHEN, Y. (1991). Exposure to mixtures of solvent among paint workers and biochemical alterations of liver function, *British Journal of Industrial Medicine*, 48: 696-701.
- DAVID. (1979). Influence of phenobarbital on *xylene* metabolism in man and rats. *Int Arch Occup Environ Health* 44. p. 117-125.
- JACOBSON, G., McLEAN, S. (2003). Biological monitoring of low level occupational *xylene* exposure and the role of recent exposure. *Ann Occup Hyg* 47(4). p. 331-336.
- LEIDEL. (1994). *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual*. National Institute of Occupational Safety and Health.
- LUNBERG, I dan SOLLENBERG. J., (1986). *Correlation of Xylene Exposure and Methyl Hippuric Acid Excretion in Urine Among Paint Industry Workers*. *Scand J Work Environ Health* 12(2). 149-153.
- OGATA. (1970). *Urinary excretion of hippuric acid and m- or p-methylhippuric acid in the urine of persons exposed to vapours of toluene and m- or p-xylene as a test of exposure*. *Br J Ind Med* 27:43-50.
- PERIAGO, J.F, PRADO. C. (2005). *Evolution of Occupational Exposure to Environmental Levels of Aromatic Hydrocarbons in Service Stations*. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol.19, No 3. pp. 233-240, British Occupational Hygiene Society.



9 772460 419005

ISSN 2460-4194

