

KAJIAN TEKNO EKONOMI APLIKASI NITRIDASI PLASMA UNTUK PENGUATAN LAPISAN PERMUKAAN KOMPONEN OTOMOTIF

B.A.Tjipto Sujitno, Rill Isaris, Suprpto, Wiwien Andriyanti

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN
Jl. Babarsari no 21 kotak pos 6101 YKBB Yogyakarta, Telp/fax 0274-488435
E-mail: ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

KAJIAN TEKNO EKONOMI APLIKASI NITRIDASI PLASMA UNTUK PENGUATAN LAPISAN PERMUKAAN KOMPONEN OTOMOTIF. Telah diselesaikan rancangbangun Perangkat Nitridasi Ion untuk penguatan lapisan permukaan komponen mesin dengan bantuan dana oleh Kementerian Riset dan Teknologi. Pemanfaatan hasil litbangyasa ini di bidang industri perlu didahului dengan kajian ekonomi teknik untuk mendukung kelayakannya. Telah dilakukan kajian tekno-ekonomi pemanfaatan Perangkat Nitridasi Ion untuk perbaikan kualitas permukaan komponen mesin di bidang otomotif. Kajian ekonomi/kelayakan finansial yang meliputi biaya modal tetap, modal kerja, biaya produksi dan analisis *Break Event Point*, *Payback Period* dan *Rate of Return* telah dilakukan. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa aplikasi Perangkat Nitridasi Ion untuk meningkatkan mutu permukaan komponen otomotif cukup potensial dan mempunyai prospek positif, dimana nilai perhitungan BEP untuk estimasi keuntungan dari 10% s/d 75% berkisar antara 52% sampai dengan 12,9% atau *Payback Period* antara 137 bulan sampai dengan 23,5 bulan. Analisis *Rate of Return* menunjukkan pencapaian tingkat suku bunga proyek (i^*) sebesar 17,75%/tahun jauh lebih besar dari tingkat suku bunga simpanan di Bank sebesar 7,2%/tahun. Jika mengambil tingkat keuntungan bisnis yang wajar (50%), diperoleh nilai BEP 17,9% dan PP = 34,5 bulan, nilai yang sangat bagus. Dengan demikian dapat disimpulkan Teknologi Nitridasi Ion sangat prospektif secara ekonomi dan diharapkan mampu memacu pertumbuhan ekonomi Industri Kecil Menengah di Indonesia.

Kata Kunci : komponen mesin, penguatan lapisan, Tekno-ekonomi

ABSTRACT

THE TECHNO-ECONOMIC STUDY ON THE UTILIZATION OF PLASMA NITRIDATION FOR ENHANCEMENT OF SURFACE COATING OF OTOMOTIVE COMPONENTS. Design and construction of An Ion Nitridation Assembly for Surface treatment of machine components by supporting budget from The Ministry of Research and Technology has been successfully performed. The utilization of this Research and Technology result in the industrial field should be lead by a Techno-Economic study to support its feasibility. The techno-economic study on the utilization of Nitridation Ion Assembly for improvement the automotive machine component surface has been carried-out. The economy or financial feasibility study covered fixed capital, working capital and break event point analysis, Payback Period and Rate of Return calculation have been finished. The result of study showed that the application of Ion Nitridation Assembly for improving the surface of automotive machine components is potential enough and has a positive prospect. For the estimation of profit by 10 % to 50%, the Braek Event Point is around 52% to 12.9 %, or by the PaybackPeriode around 137 months to 23.5 months. The Rate of Return analysis tof the project shows that the the rate of interest can be achieved by the business is 17.75%, much greater than the rate of interest can be offered by the Bank, that is 7.2%/year. If the rational profit 50% is taken, the BEP of 17.9% and Payback Period of 34.5 months are obtained, that is a good image of bussiness. It can be concluded that Nitridation Ion Technology has a good prospect economically in business, and the technology advance be the most important factor to support the growth of economies in Small and Medium Scale National Industries.

Keywords : otomotive component, surface improvement, Techno-economic

PENDAHULUAN

Agar hasil Litbang dapat teraplikasi di masyarakat dan memberikan kebanggaan diri serta keberlanjutan institusi penghasil Litbang karena mendapat apresiasi masyarakat, maka upaya diseminasi pemanfaatan hasil Litbang merupakan hal yang esensial untuk dilakukan. Telah diakui bahwa kemajuan yang dicapai suatu bangsa sangat ditentukan faktor keunggulan kompetitif yang dimilikinya, dengan unsur utama adalah keunggulan SDM dan penguasaan teknologi hasil Litbangnya. Dengan sangat cepatnya perkembangan dan *technology cycle* dewasa ini, beberapa negara melakukan kebijakan membeli saja teknologi atau paten dari suatu produk, dan selanjutnya melakukan inovasi dan variasi pada produk tersebut, misalnya Malaysia yang membeli teknologi Mitsubishi untuk memproduksi mobil sedan Proton Saga, demikian pula China yang membeli teknologi Nokia untuk memproduksi *Hand Phone* produk China sendiri.

Perkembangan penggunaan kendaraan otomotif, khususnya sepeda motor di Indonesia sangat pesat dalam 2 dasa warsa terakhir ini. Dari data Badan Pusat Statistik^[1] perkembangan kendaraan bermotor di Indonesia dari 1987 sampai dengan 2008, menunjukkan kenaikan secara total sebesar 818 %, dengan rincian kenaikan pada sepeda motor sebesar 858%, mobil penumpang 843%, truk 540% dan bis 850%. Hal ini menunjukkan untuk sepeda motor saja kenaikan jumlahnya adalah 40,85% per tahun, angka yang cukup bagus untuk bisnis. Sementara data dari GAIKINDO^[2] menunjukkan kenaikan total penjualan kendaraan roda empat dan lebih untuk seluruh jenis Brand (29 jenis) selama periode Januari-Juli pada tahun 2009 dan 2010 dari 252.156 unit ke 442.298 unit, atau kenaikan sebesar 175%, sangat fantastis.

Melihat pertumbuhan bisnis kendaraan bermotor di Indonesia tersebut, dapat diprediksi pertumbuhan bisnis komponen otomotif juga akan meningkat dengan sangat berarti. Namun ketika dipahami lebih jauh kebijakan nasional jenis bisnis kendaraan bermotor di Indonesia, prospek yang terlihat sangat menggiurkan itu, ternyata sebagian besar hasilnya masih diraih oleh para *Business Principal* di Negara asalnya, terutama Jepang. Hal ini disebabkan karena bisnis kendaraan

bermotor yang dilakukan di Indonesia adalah model *BRAND-Based*, bukan *TECHNOLOGY-Based*. Sehingga seluruh rancangbangun, prosedur dan proses pembuatan dan pengujian, bahan baku, cara pembuatan, jenis produk dan lain-lain sepanjang proses *manufacturing* telah ditetapkan oleh *Principal* di Negara asal produk tersebut.

Salah satu bahan yang banyak dipakai dalam industri kendaraan bermotor adalah material logam untuk membuat komponen otomotif. Beberapa komponen mesin yang dalam fungsinya melakukan pergerakan dan atau gesekan akan menimbulkan keausan pada permukaannya. Untuk itu diperlukan teknologi rekayasa untuk memperbaiki sifat mekanik permukaan logam yang digunakan untuk keperluan tersebut. Terdapat berbagai cara untuk memperbaiki kualitas mekanik permukaan logam, misalnya metoda konvensional seperti cara karburasi, nitridasi dan karbon-nitridasi, nyala api dan induksi listrik. Teknik yang lebih maju misalnya cara evaporasi, implantasi ion, *sputtering*, plasma lucutan pijar RF dan plasma lucutan pijar DC. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)-BATAN telah mengembangkan prototip Alat Nitridasi Ion untuk keperluan *treatment* permukaan logam untuk mendapatkan kualitas permukaan yang lebih keras, tahan terhadap keausan dan asam, misalnya untuk pengerasan permukaan mesin potong logam, untuk penguatan pada komponen otomotif/mesin seperti roda gigi, *camshaft*, *crankshaft*, *spindles*, *pinions*, *press tools*, *milling and drilling tools*, dan lain-lain. Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa proses rancangbangun Alat Nitridasi Ion ini telah mengikuti kaidah rekayasa, dan parameter-parameter utama pengendali sistem yang diamati, baik fisis maupun teknis telah menunjukkan arah yang benar dan tepat.

Dengan melihat pangsa pasar dan kebutuhan industri nasional yang demikian besar baik untuk tujuan produksi komponen otomotif, maupun untuk mendukung proses fabrikasi komponen-komponen tersebut, maka hal ini merupakan sebuah kegiatan yang mampu memberi andil kepada pemasukan devisa negara. Apalagi dengan memperhatikan sudah tersedia teknologi hasil pengembangan penelitian bangsa sendiri, khususnya untuk memperbaiki kualitas komponen-komponen mesin, salah satunya dengan Teknologi

Nitridasi Plasma (Ion) atau Teknologi Nitridasi Ion.

Untuk mendukung penerapan dan pengkajian teknologi di Indonesia, Marzan A. Iskandar^[3] mengemukakan perlunya dilakukan *road mapping* identifikasi kebutuhan nasional dan melakukan sinergi upaya antara Lembaga Penelitian dan industri, serta kegiatan Litbang yang konsisten untuk menghasilkan keluaran yang bermanfaat dan dampak bangkitan yang signifikan

TEORI

Nitridasi Ion adalah suatu metoda/proses pengerasan permukaan pada logam dan *alloy* yang meliputi difusi atom-atom nitrogen ke permukaan benda kerja dalam kehadiran lingkungan plasma (*plasma surrounding*). Keuntungan teknologi ini adalah diproses dalam suhu rendah (450-600°C) dan proses langsung dihasilkan pada bagian volume yang deformasi. Zona nitridasi yang dicapai adalah tebal dan tersambung secara padu/kuat dengan logam. Nitridasi dengan ion positif yang berasal dari plasma yang dihasilkan oleh lucutan pijar elektrik, adalah merupakan suatu perlakuan (*treatment*) permukaan yang efektif untuk menghasilkan perisai perlindungan, ketahanan terhadap kelelahan bahan (*fatigue*) dan ketahanan terhadap korosi. Beberapa penelitian dasar dan terapan telah dilakukan untuk menghasilkan data data parameter fisis yang penting dalam mendapatkan karakteristik bahan yang diperlukan, serta untuk meningkatkan unjuk kerja dan skala teknologi alat melalui inovasi teknologi pada komponen alat seperti dimensi alat dan ukuran permukaan benda kerja, otomatisasi sistem kendali dengan *Micro-controller (Super PLC)* untuk pengendalian vakum, aliran gas, suhu, sistem tegangan tinggi, serta pewaktu (*timer*). Tjipto Suyitnodkk.^[4,5] melaporkan hasil rancang bangun Perangkat Nitridasi Ion telah berfungsi dengan baik, dan telah mengalami peningkatan unjuk kerja melalui inovasi teknologi dalam otomatisasi pengendalian proses menggunakan microprocessor. Selanjutnya Sudjatmoko dkk.^[6] dan Suprpto dkk.^[7] dalam kajian dan penelitiannya menyimpulkan bahwa teknik nitridasi ion mampu memodifikasi permukaan material logam secara berarti melalui pengendalian suhu dan waktu nitridasi, serta

proses nitridasi ion pada baja ST-40 dapat meningkatkan kekerasan sebesar 2,75 kali, peningkatan ketahanan aus hampir 6 kali dan ketahanan *fatigue* 1,58 kali.

Parameter utama pada proses nitridasi ion yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan adalah tekanan gas dan waktu proses nitridasi, semakin tinggi tekanan gas semakin berkurang kekerasan bahan yang diperoleh, tetapi ketahanan terhadap kerusakan *fatigue* lebih tinggi dengan semakin besarnya tekanan gas, sementara semakin lama waktu nitridasi, maka kekerasan akan meningkat.

Secara teknologi, Peralatan Nitridasi Ion yang dikembangkan oleh BATAN telah memasuki tahap "*Proven Prototype*", yang pada generasi terakhir (2010) telah dilengkapi dengan Teknologi Automatisasi pada Sistem Instrumentasi dan Kendali (*computerized*), sehingga semua parameter pengendalian dapat diatur dan dikendalikan secara sangat akurat, dengan bantuan perangkat lunak yang didesain sendiri, dan telah dilakukan *treatment* terhadap berbagai sampel komponen kendaraan bermotor untuk meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan keausan bahan dan ketahanan terhadap asam. Hasil yang diperoleh telah menunjukkan peningkatan kualitas komponen komponen tersebut secara berarti. Sehingga *assesment* secara teknologi dalam hal aspek tingkat *sophistikasi* teknologi dan aspek penilaian *state of the art* teknologi yang digunakan telah memiliki tingkat menengah ke atas, dan *rating state of theart technology* yang juga tinggi.

Kajian Tekno Ekonomi

Untuk dapat melakukan studi kelayakan Teknologi dan Ekonomi pada Proyek Industri seperti Implementasi Perangkat Nitridasi Ion untuk Perbaikan Kualitas Permukaan Bahan/Material Komponen Otomotif maka perlu terlebih dahulu mendefinisikan seluruh karakteristik utama Alat Nitridasi Ion yang mempunyai makna dalam kajian ekonomi dan finansial. Dalam kaitan ini perlu ditetapkan tipe dan *performance* Nitridasi Ion, sistem elektrikal yang tergabung ke dalam sistem peralatan, kajian kekinian (*state of the art*) komponen yang digunakan. Komponen utama sistem terdiri dari :

1. Tabung Reaktor Plasma, dengan ukuran H x D = 40 cm x 32 cm. Untuk benda kerja

yang lebih besar harus membuat ukuran Tabung yang lebih besar lagi.

2. Sistem Vakum, dengan tingkat kevakuman mencapai 1×10^{-3} mbar
3. Catudaya, 2 kWatt
4. Panel operasi dan kontrol untuk mengatur arus, tegangan, suhu, kevakuman.

Terdapat permintaan pasar untuk benda kerja yang lebih besar, untuk itu perlu mendisain ukuran Tabung Reaktor Plasma yang besar pula, misalnya diameter 200 cm.

Kajian teknologi dilakukan melalui pendekatan keteknikan (*System Engineering Approach*) yang dapat memberikan keluaran berupa rencana penempatan sistem nitridasi yang akan menjadi basis bagi studi pembiayaan dan spesifikasi, serta manfaat lain yang dapat diharapkan dari studi teknologi ini berupa :

1. Menjadi suatu moda/cara untuk mengadaptasi peraturan keselamatan nasional bidang transportasi.
2. Dukungan pada kebutuhan pihak industri untuk *deal* terhadap lisensi
3. Bahan pertimbangan untuk penambahan staf spesialis
4. Umpan balik dari pihak industri berupa kontribusi baik fasilitas alat maupun finansial.

Pemanfaatan hasil litbangyasa seyogyanya harus bisa didiseminasikan ke masyarakat agar bisa memberdayakan masyarakat di bidang ekonomi, meningkatkan kesejahteraan dan membangun kemandirian bangsa. Hal tersebut harus ditunjang dengan studi kelayakan teknologi maupun ekonomi untuk dapat meningkatkan status hasil penelitian dari tahap *laboratory scale* ke tahap *pilot scale up* akhirnya ke tahap *industrial scale*, seperti yang dikemukakan oleh Rill Isaris dan Lely Susita^[8].

Jika pengadaan Perangkat Nitridasi Ion dianggap sebagai sebuah proyek industri untuk tujuan peningkatan kualitas produk komponen otomotif/motor, maka kelayakannya secara ekonomi dapat dianalisis menggunakan berbagai metoda kelayakan ekonomi serta pemilihan alternatif-alternatif ekonomi seperti yang dikemukakan oleh Febrianto Raharjo^[9] dan I Nyoman Pujawan^[10], antara lain adalah :

1. *Payback Period*, analisis ekonomi secara makro untuk melihat jumlah tahun diperlukan untuk mengembalikan uang

yang dikeluarkan untuk investasi, atau merupakan kriteria untuk mengukur kecepatan proyek untuk mengembalikan pengeluaran investasinya.

Payback Period dinyatakan secara formula sbb:

$$P = \sum_{i=1}^{n_p} NCF_t(P/F, i, t) \quad (1)$$

NCF_t = Net Cash Flow at time = t

n_p = lama periode pengembalian

P = investasi awal

F = nilai investasi saat t

I = interest rate, tingkat suku bunga per periode bunga.

Persamaan (1) kemudian dapat ditulis sebagai :

$$P = \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t \quad (2)$$

atau jika diasumsikan deretan arus kas sama sepanjang waktu yang diperhitungkan, maka rumus diatas menjadi sangat sederhana :

$$\eta_p = \frac{P}{NCF} \quad (3)$$

dengan NCF = Net Cash Flow (Pendapatan – Pengeluaran, atau *Revenue – Expenditure*), baik dengan memperhitungkan *time value of money* maupun dengan mengabaikannya, termasuk juga nilai depresiasi, plus depresiasi mesin.

2. *Rate of Return (ROR)*, analisis ekonomi dengan memperhitungkan pada suatu tingkat pengembalian minimum diinginkan (*Minimum Attractive Rate of Return*). Perhitungan ROR dapat menggunakan salah satu dari analisis *Present Value*, misalnya *Net Present Value (NPV)*. ROR akan dicapai pada saat $NPV_{Revenue} = NPV_{expenditure}$. Atau dalam kondisi kesetimbangan tersebut secara formulasi dapat ditulis :

$$NPV = \sum_{t=0}^N F_t(1+i^*)^{-t} = 0 \quad (4)$$

dengan NPV = Net Present Value, F_t = Aliran kas pada periode t, N = umur proyek atau periode studi proyek tersebut, dan i^* = Nilai ROR dari Proyek investasi tersebut.

Persamaan (4) kemudian dapat ditulis :

$$NPV = PV_{\text{Revenue}} - PV_{\text{expenditure}} = 0 \quad (5)$$

Atau ditulis dengan data aliran kas sbb:

$$\sum_{t=0}^N R_t(P/F, i^* \%, t) - \sum_{t=0}^N E_t(P/F, i^* \%, t) = 0 \quad (6)$$

PV_R = Nilai *Present Value* dari semua pemasukan (aliran kas positif)

PV_E = Nilai *Present Value* dari semua pengeluaran (aliran kas negatif)

R_t = Penerimaan *netto* terjadi pada periode t

E_t = Pengeluaran *netto* terjadi pada periode t, termasuk investasi awal P.

Analisis didasarkan kepada kondisi sbb :

Nilai tingkat suku bunga proyek sebesar i^* dibandingkan terhadap nilai *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR = dianalogikan sebagai tingkat suku bunga di Bank). Jika nilai $i^* > \text{MARR}$, maka investasi pada Proyek/Mesin Nitridasi Ion = Layak diterima. Jika nilai $i^* < \text{MARR}$, maka investasi pada Proyek/Mesin Nitridasi Ion = Tidak layak. Apabila setiap hasil yang diperoleh langsung diinvestasikan kembali dengan tingkat ROR yang sama, maka hal ini disebut *Internal Rate of Return* (IRR).

3. Analisis *Break Event Point* (BEP), analisis ini untuk mengetahui sampai seberapa banyak *quantitas output* atau nilai ekonominya untuk mencapai titik impas,

atau *Total Cost = Total Revenue* ($TR = TC$). Nilai BEP ditentukan menurut persamaan berikut :

$$BEP = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\left[1 - \frac{\text{Biaya Tak Tetap}}{\text{Hasil Penjualan}}\right]} \quad (7)$$

Biaya Tetap (*Fixed Cost*) terdiri dari nilai Depresiasi, Perawatan dan Asuransi.

Biaya Tak Tetap (*Variable Cost*) terdiri dari Harga Bahan baku, Bahan penolong, Upah tenaga kerja langsung, listrik dan air, dll.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dipakai untuk perhitungan ini ada yang berupa data sesungguhnya yang sudah konkrit diperoleh dari hasil penelitian-penelitian terdahulu, dan data sebagai estimasi yang dibuat dengan berdasarkan hasil kajian dan perkiraan yang masih relevan. Rincian biaya riil dan estimasi untuk aplikasi Mesin Nitridasi Ion BATAN untuk industri skala produksi dan perbaikan kualitas komponen mesin otomotif ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian dan Prediksi Biaya Usaha Industri Komponen Otomotif

Komponen Biaya	Nilai Rupiah	Keterangan
Biaya untuk tambahan modal tetap (investasi awal):		
• Harga 1 set Nitridasi Ion	400.000.000	Harga komersial
• Biaya	10.000.000	
• Utilitas, air & listrik	10.000.000	
• Peralatan kantor penunjang	5.000.000+	
Jumlah sub-total	425.000.000	
• Tak terduga 5%	21.250.000+	
Jumlah <i>Fixed Capital</i>	446.250.000	

Tabel 1. Lanjutan ..

Biaya produksi tahunan	pelayanan jasa	Biaya untuk usaha 1 tahun, meliputi <i>direct cost</i> , <i>indirect cost</i> dan <i>fixed cost</i> .
• Harga bahan baku komponen	15.000.000	Biaya tetap (<i>fixed cost</i>) :
• Harga bahan penolong	240.000.000	Depresiasi+Perawatan + Asuransi + Administrasi = Rp.31.425.000
• <i>Direct Salaries</i> (1 Manajer, 2 engineer, 2 teknisi)	5.000.000	
• Administrasi & Promosi	None	Biaya tak tetap (<i>variabel cost</i>) :
• Listrik dan Air		Bahan baku + Bahan penolong + Upah + Listrik& air , dll. =
• Asuransi (3% Modal tetap)	8.925.000	Rp. 257.500.000 .
• Perawatan (2% Modal tetap)	20.000.000	
• Depresiasi Alat 10 tahun	298.925.000	
JUMLAH (Negative Cash Flow)		
Prediksi Permintaan <i>Treatment</i> Komponen motor/tahun = 25.000 unit	25.000 unit	Jumlah <i>Cost</i> /jumlah unit
Biaya <i>treatment</i> komponen per unit	Rp.11.557	Harga komponen <i>treatment</i> =
Harga jual komponen hasil <i>treatment</i> / unit	Rp.60.000	2x harga komponen non- <i>treatment</i>
Penerimaan ongkos 1 kali <i>treatment</i> per komponen dari supplier komponen	20.000	(66% dari <i>added value</i> harga)
Pendapatan dari hasil <i>Treatment</i> total	500.000.000	<i>Positive Cash Flow</i> (25.000xRp.20.000)
Keuntungan bersih tiap tahun (NCF)	201.075.000	Pendapatan - Pembiayaan

Perhitungan Nilai Payback Period (PP)

Dengan melihat data pada Tabel 1 , nilai PP dapat dihitung sebagai berikut.
Payback Period :

$$PP = \frac{P}{NCF + Depresiasi} - \frac{Modal Tetap}{Laba bersih + Depresiasi}$$

$$PP = \frac{446.250.00}{201.075.000 + 20.000.000} = 2,018 \text{ tahun}$$

PP = 25 bulan

Nilai PP sebesar 2 tahun ini jauh di bawah nilai yang secara normatif dipakai yaitu antara 4 s/d 5 tahun, sehingga proyek ini sangat cepat mampu mengembalikan modal yang diinvestasikan, atau secara ekonomi berarti sangat prospektif.

Perhitungan dengan Analisis Rate of Return (ROR)

Untuk mengetahui ROR, diasumsikan selama 10 tahun pemakaian Nitridasi Ion untuk peningkatan mutu komponen motor. Untuk itu perlu diketahui nilai aliran kas (*Net Cash Flow*) pada tahun ke 10 tersebut. Dengan asumsi bahwa nilai *Net Cash Flow* tetap setiap tahun, maka dari data Tabel dapat dihitung pada n = 10 tahun nilai $NCF_{10} = 10 \times Rp.243.750.000 = Rp.2.437.500.000,-$.

Maka nilai ROR dapat dihitung dari Persamaan (6) sbb:

$$NPV_{(10)} = PV_R - PV_E = R(P/F, i^*, 10) - P = 0$$

Atau :

$$NPV_{10} = 2.437.500.000(P/F, i^*, 10) - 546.250.000 = 0$$

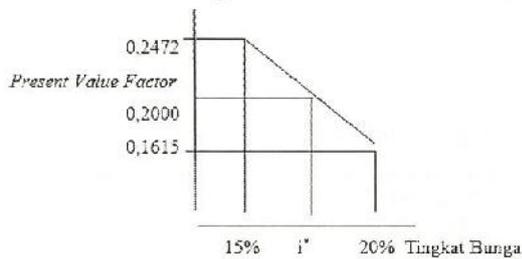
$$\text{Jadi Faktor Present Value } (P/F, i^*, 10) = 546.250.000/2.437.500.000 = 0,224$$

Dicari nilai i^* dengan menggunakan Tabel Bunga dan Teknik Interpolasi Linear.

Jika dimasukkan harga $i^* = 20\%$, dari Tabel Pemajemukan Diskrit untuk $n = 10$ tahun, diperoleh nilai *Present Value Factor* $(P/F, 20\%, 10) = 0,1615$.

Jika dimasukkan harga $i^* = 15\%$, dari Tabel Pemajemukan Diskrit untuk $n = 10$ tahun, diperoleh nilai *Present Value Factor* $(P/F, 15\%, 10) = 0,2472$.

Memperhatikan kedua nilai tersebut, berarti nilai $(P/F, i^*, 10)$ terletak antara bunga 15% dan 20% seperti pada Gambar 1. Dengan cara interpolasi linear pada Gambar 1 dapat ditulis kesebandingan sbb:



Gambar 1 Interpolasi Linear Perhitungan Bunga

$$\frac{20 - i^*}{20 - 15} = \frac{0,2000 - 0,1615}{0,2472 - 0,1615} = 0,45$$

atau

$$20 - i^* = 5 \times 0,45 = 2,25$$

Jadi harga $i^* = 20 - 2,25 = 17,75\%$, Jadi tingkat suku bunga yang diperoleh dengan proyek Nitridasi Ion ini adalah 17,75%. Suku bunga simpanan maksimum di bank saat ini (*Minimum Attractive Rate of Return = MARR*) adalah $MARR = 7,2\%/tahun$. Dengan demikian maka nilai $i^* \gg MARR$ ($17,75\% \gg 7,2\%$), sehingga dapat disimpulkan Proyek Nitridasi Ion untuk perbaikan kualitas komponen otomotif (*Chamshaft* dan lain-lain) ini secara ekonomi Layak dilakukan.

Perhitungan Titik Impas atau Break Event Point (BEP)

Analisis BEP dimaksudkan untuk mengetahui pada tingkat kapasitas produksi

berapa (prosentasenya terhadap kapasitas maksimal/tahun), atau nilai uang berapa ketika dicapai tahap dimana Pemasukkan Total seimbang dengan Pengeluaran Total ($TR = TC$).

Nilai BEP dihitung dari persamaan (7), yaitu

$$BEP = \frac{BiayaTetap}{1 - \frac{BiayaTakTetap}{HasilPenjualan}}$$

atau

$$BEP = \frac{31.425.000}{1 - \frac{257.500.000}{500.000.000}} = Rp.64.793.814,5$$

Dengan biaya *treatment* satu kali sebesar Rp.11.557,- maka jumlah *treatment* diperlukan untuk mencapai titik impas = $\frac{64.793.814,5}{11.557} = 5606,5$ *treatment*.(irradiasi nitriding)

Lebih jauh, untuk mendapatkan gambaran Prospek bisnis yang mengacu pada kemungkinan tingkat keuntungan yang layak dipilih, dilakukan perhitungan BEP dan PP untuk tingkat keuntungan dari 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, yang hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 2.

Untuk ini diambil contoh pada komponen motor *Camshaft* dengan harga komponen tanpa *treatment* pengerasan permukaan adalah sekitar Rp.25.000 s/d Rp.30.000,-, sementara komponen *Chamshaft* yang asli berharga antara Rp.55.000 s/d Rp.65.000,-. Sebagai referensi dalam perkiraan berikut diambil harga komponen yang tanpa *treatment* dan yang mengalami *treatment* sebesar Rp.30.000 dan Rp.60.000 berturut-turut. Biaya satu kali *treatment*/komponen *Chamshaft* adalah Rp.11.557.

Jika keuntungan diambil = 10%, maka nilai ongkos *treatment* 1 unit komponen *Chamshaft* yang ditarik adalah $110\% \times Rp.11.557 = Rp.12.713$. Begitu seterusnya untuk prediksi keuntungan 20%,30%, 40%, 50% dan 75%, diperoleh perhitungan harga *treatment* seperti pada Tabel 2. Untuk estimasi keuntungan 10%, nilai PP dan BEP dihitung dengan menggunakan rumus (3) dan (7) sbb:

$$PP = \frac{446.250.000}{[(25.000 \times 12.713) - 298.925.000] + 20.000.000} \quad PP = \frac{446.250.000}{39.900.000} = 11,47 \text{ tahun} = 137 \text{ bulan}$$

$$BEP = \frac{31.425.000}{1 - \frac{257.500.000}{317.825.000}} = \frac{31.425.000}{[1 - 0,81]} = 165.395.000$$

Nilai BEP sebesar Rp.165.395.000 dapat dicapai dengan melakukan treatment komponen sebanyak $\frac{165.395.000}{12.713} = 13010$ kali, atau prosentase terhadap target per tahun (25.000 kali) adalah $13.010/25.000 = 52\%$. Dengan cara yang sama untuk prediksi keuntungan 20%, 30%, 40%, 50% dan 75% diperoleh PP dan BEP seperti pada Tabel 2.

Dengan memilih asumsi besarnya keuntungan 50% terhadap biaya normal treatment komponen Chamshaft motor (Rp.11.557/unit) dengan harga dasar komponen semula yang tidak mengalami treatment

Nitridasi Ion sebesar Rp.30.000, diperoleh titik impas (BEP) sebesar 17,9% dan Payback Period PP 34,5 bulan, maka teknologi Nitridasi Ion pada komponen motor ini sangat layak dilakukan. Mengambil keuntungan yang lebih besar tentu perlu mempertimbangkan nilai tambah yang masih dapat diperoleh oleh penjual komponen, jika bagian keuntungan mereka sangat sedikit, hal ini akan mengurangi prospek pemanfaatan teknologi Nitridasi Ion, dan mungkin juga akan kalah bersaing terhadap teknologi lainnya.

Tabel 2. Perhitungan harga jual pada berbagai tingkat keuntungan

Estimasi Keuntungan (%)	Harga Treatment Komponen (Rp)	Nilai BEP (Rp./ %)	Payback Period (bulan)
10	12.713	165.395.000/52%	137
20	13.868	120.865.000/34,8%	78
30	15.024	99.762.000/26,6%	55
40	16.180	86.570.000/21,4%	42,5
50	17.336	77.401.000/17,9%	34,5
75	20.225	64.133.000/12,9%	23,5

Sebaliknya keuntungan terlalu rendah juga akan menyebabkan BEP semakin panjang dan juga PP akan lebih lama, dan tidak menarik untuk kegiatan bisnis. Sebagai bahan perbandingan dengan produk komersial yang terdapat di pasaran, ditampilkan data teknis

dan harga Alat Nitridasi Ion produk Eftom Company Bulgaria, yang telah terpasang di berbagai negara, antara lain: Bulgaria, Jerman, Rusia, Yugoslavia, Polandia, India, Kanada dan Indonesia, dan Alat Nitridasi Ion buatan BATAN pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Properties, Kapasitas dan Harga Nitridasi Ion

No	Data Teknis / Harga	Tipe Alat Nitridasi Ion			
		Ion-20 I	Ion-50 I	Ion-100 I	NI-01- BATAN
1.	Volume Kerja, m ³	0,1	0,3 - 1,0	1 - 4	0,1
2.	Ukuran benda kerja, mm	500x500	750x750	750x3200	400 x 320
3.	Daya Output Maksimum	20 kW	50 kW	100 kW	2 kW
4.	Arus Impuls, A	0 - 25	0 - 60	0 - 125	0 - 0,01
5.	Gas kerja	Nitrogen, Hydrogen, Propane, Argon			Nitrogen, Argon
6.	Tekanan gas kerja, mbar	1 - 10			1
7.	Harga (US.\$)	84.112	102.679,5	173.482	39.352
8.	Berat alat, Kg.	120	600	2.000	60
9.	Penetrasi Nitridasi, mm	Tergantung Bahan	Tergantung Bahan	Tergantung Bahan	Tergantung Bahan
10.	Suhu				500-600° C
11.	Waktu 1 kali Treatment				3 jam

KESIMPULAN

Dari uraian dan hasil analisis tekno-ekonomi yang dibuat pada makalah ini, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototip Peralatan Nitridasi Ion buatan PTAPB-BATAN secara teknologi telah dikembangkan sesuai kebutuhan untuk keperluan perbaikan kualitas permukaan komponen mekanik, khususnya komponen kendaraan bermotor, dan telah dilakukan uji coba pada komponen mesin seperti *chamshaft*, roda gigi, *bearing*, pahat bubut, dll. Unjuk kerja menyangkut parameter fisis dan teknis Alat yang dihasilkan telah menunjukkan arah yang benar dan tepat dan telah mengikuti kaidah perekayasa.
2. Kajian Tekno-Ekonomi menunjukkan Hasil Kelayakan Peralatan Nitridasi Ion tersebut untuk proyek industri dan keperluan bisnis, khususnya untuk perlakuan permukaan komponen mesin/otomotif. Nilai *Payback Period* $PP = 25$ bulan menunjukkan sangat cepatnya modal bisa dikembalikan yang jauh di bawah nilai normatif sebuah proyek industri, yaitu sekitar 5 tahun. Nilai *Break Event Point* untuk tingkat keuntungan (laba) sebesar 50%, adalah 17,9% sangat jauh dibawah target kapasitas per tahun. Serta nilai tingkat bunga yang mampu dihasilkan jika berinvestasi menggunakan Peralatan Nitridasi Ion tersebut melalui analisis ROR menghasilkan nilai $i^* = 17,75\%$, jauh diatas tingkat suku bunga simpanan yang ditawarkan Bank disini. Ketiga alat analisis ekonomi ini menunjukkan bahwa Proyek Alat Nitridasi Ion untuk bisnis Perbaikan Kualitas komponen mesin otomotif sangat prospektif dan layak.
3. Rentang asumsi tingkat laba yang dapat dibuat dari mulai 10% sampai 75%, memberikan hasil BEP dari 52% s/d 12,9% dan *Payback Periode* PP dari 137 bulan sampai dengan 23,5 bulan. Tetapi harus diingat, pengambilan keuntungan yang terlalu besar untuk bagian pekerjaan pemrosesan perbaikan kualitas komponen mesin, akan mengurangi porsi keuntungan (laba) bagi penjual barang-barang tersebut, terkecuali kalau bagian pekerjaan perbaikan kualitas dan bagian tugas penjualannya berada pada satu tangan perusahaan.

Keuntungan yang terlalu besar juga tidak menguntungkan bisnis jangka panjang.

4. Permintaan pasar akan kemampuan *treatment* Alat Nitridasi Ion yang lebih besar dalam hal benda kerja dan kemampuan penetrasi, hendaklah diresponse dengan membuat Bejana Reaktor Plasma (*Plasma Reactor Vessel*) yang lebih besar. Untuk itu BATAN atau Lembaga Kementerian RISTEK dapat mengalokasikan dana lebih banyak untuk merealisasikan kebutuhan ini, agar hasil penelitian ini benar-benar mampu memenuhi kebutuhan industri nasional. Pangsa pasar untuk keperluan ini masih sangat luas termasuk juga industri nasional yang melakukan bisnis untuk keperluan Revitalisasi komponen mesin-mesin besar, seperti mesin-mesin/rotor PLTD dan PLTU. Kesimpulan ini juga sebagai SARAN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dengan ini mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Imam Sodikin, ST, MT atas diskusi yang menarik dan sangat berharga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Perkembangan dan Pertumbuhan Kendaraan Bermotor menurut jenis, (1987-2008).
2. Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAKINDO), Domestic Auto Market & Exim, By Category and By Brand, Jan ~ Sept. 2010, (2010).
3. MARZAN, A.ISKANDAR, Pengkajian dan Penerapan Teknologi untuk Penghematan Energi, Daya Saing Industri, dan Kemandirian Teknologi Hankam, hal XIX s/d XXXV, Prosiding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekatronika 2006, Bandung, (2006).
4. Suyitno, B.A.T, Santoso, S., Perancangan Otomatisasi Sistem Instrumentasi dan Kendali Peralatan Nitridasi Plasma Menggunakan M-Series Super PLC, pp 82-93, Prosiding PPI Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (KIM-LIPI), Jakarta, ISSN 0852-002 X,(2010).
5. Suprpto dan Suyitno, B.A.T, Konstruksi dan Karakterisasi Sistem Plasma Lucutan Pijar untuk Perlakuan Permukaan, pp 104-

- 110, 3rd Ketingan Physics Forum , Universitas Sebelas Maret, Surakarta, September, (2005).
6. Sudjarmoko, dkk., Analisis Struktur Mikro Lapisan Tipis Nitrida Besi yang Ternitridasi pada Permukaan Material Komponen Mesin, pp 101-111, Jurnal Iptek Nuklir Ganendra, Vol.13, No.2, Juli, ISSN 1410-6957, (2010).
 7. Suprpto, dkk., Pengaruh Nitridasi Plasma Terhadap Kekerasan AISI 304 dan Baja Karbon Rendah, pp 93-100, Jurnal Iptek Nuklir Ganendra, Vol.13, No.2, Juli, ISSN 1410-6957, (2010).
 8. Isaris, R, Lely S., B.A.TJIPTO Suyitno, B.A.T. Tinjauan Teknologi dan Studi Kelayakan Ekonomi Aplikasi Akselerator untuk Industri Lateks., pp 60-73, Prosiding PPI-PDITN, PTAPB-BATAN, ISSN 0216-3128, (2006).
 9. Raharjo, F, Ekonomi Teknik, Analisis Pengambilan Keputusan, Analisis Kelayakan Ekonomi, Buku Pelajaran Terbitan ANDI Yogyakarta, (2007).
 10. Pujawan, I.N., Ekonomi Teknik, Buku Pelajaran, Penerbit PT.Guna Widya, Jakarta, Bab. IV, V dan VI, (1995).