

TEKNOIN

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

ISSN 0853-8697

Volume 17, Nomor 2, Juni 2011

Model Optimasi Persaingan Duopoli Kasus: Persaingan Penjualan Obat di Rumah Sakit ABC Semarang
Farham Hm Saleh, Erni Suparti

Analisis dan Perhitungan Tingkat Produktivitas Parsial dengan Metode Cobb-Douglas
(Studi Kasus Pada PDAM Kabupaten Kebumen)
Abdul Djalal

Mammographic Risk Assessment Using Tabár Patterns
Izzati Muhimmah

Pengaruh Sumber Stres Organisasi Terhadap Prestasi Kerja Karyawan
(Studi Kasus pada Operator PT. X Bandung)
Nashrullah Setiawan

Pengamanan IPv6 Menggunakan OpenVPN
Muhammad Haris Wibowo, Irving Vitra Papatungan, Ari Sujarwo

Robot Transportasi Barang Otomatis Menggunakan Sensor Warna RGB dengan ATmega32
Medilla Kusriyanto, Dwi Ana Ratna Wati, Drajat Restu Nursigit

Analisis Preferensi Investor dalam Pengambilan Keputusan Investasi
Sri Indrawati, Subagyo

TEKNOIN

Jurnal Teknologi Industri

Jurnal Teknologi Industri TEKNOIN adalah jurnal yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan teknologi industri. Penelitian yang dilaporkan dapat berupa penelitian untuk pengembangan keilmuan atau terapan.

Jurnal ini terbit empat kali dalam setahun,
setiap bulan Maret, Juni, September, dan Desember

Pelindung
Gumbolo Hadi Susanto

Pemimpin Umum
Agus Taufiq

Pemimpin Redaksi
M. Ridlwan

Sekretaris Redaksi
Winda Nur Cahyo

Dewan Redaksi
R. Chairul Saleh
Hari Purnomo
Asmanto Subagyo
Sri Kusumadewi
Mauridy Heri Purnomo
Tito Yuwono
Waziz Wildan

Administrasi
Pangesti Rahman
Sarjudi

Alamat Redaksi
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501
Telp. (0274) 895287, Faks. (0274) 895007
E-mail: teknoin@fti.uii.ac.id

DAFTAR ISI

- 63-70 **MODEL OPTIMASI PERSAINGAN DUOPOLI KASUS:
PERSAINGAN PENJUALAN OBAT DI RUMAH SAKIT ABC
SEMARANG**
Farham HM Saleh, Erni Suparti
- 71-77 **ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS
PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS
(Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)**
Abdul Djalal
- 78-89 **MAMMOGRAPHIC RISK ASSESSMENT USING TABÁR PATTERNS**
Izzati Muhimmah
- 90-100 **PENGARUH SUMBER STRES ORGANISASI TERHADAP PRESTASI
KERJA KARYAWAN
(Studi Kasus pada Operator PT. X Bandung)**
Nashrullah Setiawan
- 101-114 **PENGAMANAN IPV6 MENGGUNAKAN OPENVPN**
Muhammad Haris Wibowo, Irving Vitra Papatungan, Ari Sujarwo
- 115-122 **ROBOT TRANSPORTASI BARANG OTOMATIS MENGGUNAKAN
SENSOR WARNA RGB DENGAN ATMEGA32**
Medilla Kusriyanto, Dwi Ana Ratna Wati, Drajat Restu Nursigit
- 123-130 **ANALISIS PREFERENSI INVESTOR DALAM PENGAMBILAN
KEPUTUSAN INVESTASI**
Sri Indrawati, Subagyo

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

MODEL OPTIMASI PERSAINGAN DUOPOLI KASUS: PERSAINGAN PENJUALAN OBAT DI RUMAH SAKIT ABC SEMARANG

Farham HM Saleh¹⁾, Erni Suparti²⁾

¹⁾ Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta

²⁾ Alumni Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
E-mail: ¹⁾farham@fti.uui.ac.id

ABSTRACT

At the ABC Hospital Semarang, there were only two pharmaceutical companies as a supplier of drug that used to reduce the exacerbation rate, protect lung function, and slowing progsesitas disease. Because there were only two companies, the competition had duopoly market structure, which means there was a competition between PT.X and PT. Y. The behavior of one firm in duopoly competition significantly influenced the behavior of the other companies. This research aimed to formulate a mathematical models for describe the behavior of the duopoly market. In this case, the PT. X position as a leader while the PT. Y position as a challenger. PT. X was implemented competition strategy: defending position, preemptive defense, and collusion, while the PT. Y was implemented frontal attack, encirclement attack and collusion strategy. The results showed, in the high market demand condition, PT. X suppose to implemented preemptive defense strategy, while PT. Y implemented frontal attack strategy. In the medium and lower market demand condition, the leaders should implemented defending position strategy, while the challenger encirclement attack strategy.

Keywords: Modeling, Optimization, Duopoly, Strategy, Competitive.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri farmasi yang semakin pesat menyebabkan terjadi persaingan yang semakin ketat untuk memperebutkan volume pasar. Tahun 2005, di Indonesia terdapat sekitar 200-an perusahaan yang bergerak di bidang farmasi (Majalah SWA, 2005). Perusahaan-perusahaan obat tersebut memproduksi obat dengan kegunaan yang relative sama, sehingga terjadi persaingan yang ketat dalam memperebutkan volume pasar.

Dari survey yang dilakukan, di Rumah Sakit (RS) ABC Semarang terdapat obat yang hanya disuplai oleh dua perusahaan obat yaitu PT. X yang mensuplai obat A dan PT. Y yang mensuplai obat B. Kedua obat tersebut memiliki fungsi yang sama antara lain mengurangi kecepatan eksaserbasi, melindungi fungsi paru, dan memperlambat progsesitas penyakit.

Feature dan kualitas obat A dan B sama. Persaingan yang terjadi antara PT. X dan PT. Y di RS ABC Semarang termasuk kategori Persaingan Duopoli karena hanya terdapat dua perusahaan yang bersaing.

Dalam persaingan duopoli, perilaku satu perusahaan akan berpengaruh signifikan terhadap perusahaan pesaing, sehingga terjadi saling ketergantungan antara kedua perusahaan tersebut [Burhan, 2006]. Dalam mengambil keputusan, perusahaan akan mengantisipasi atau mempertimbangkan reaksi dari perusahaan pesaing, sehingga langkah keputusan yang tepat tentu akan menghasilkan keuntungan yang lebih besar. Untuk menggambarkan perilaku perusahaan dalam persaingan duopoli, pada penelitian ini akan dikembangkan model matematik.

Penelitian permasalahan persaingan duopoli telah banyak dilakukan. Chang [1992] mengembangkan model optimasi persaingan duopoli dua tingkat yaitu

supplier dan produsen, yang masing-masing berstruktur duopoly. Supplier memproduksi produk intermediet untuk disuplai ke kedua perusahaan produsen yang langsung berhubungan dengan konsumen umum. Powel dan Oren [1989] mengembangkan model duopoli antara *Market Leader* dan *Market Follower*. Cournot [1838] dalam Suryawati [2005] mengembangkan model persaingan duopoli dengan asumsi fungsi biaya kedua perusahaan sama dan kurva permintaan keduanya bersifat linier. Farham [2005] mengembangkan lebih lanjut model persaingan dupoli Cournot [1838] dengan kurva permintaan bersifat eksponensial dan persainan antara *Market Leader* dan *Market Follower* dengan masing-masing menerapkan lebih dari satu strategi, namun fungsi biaya sama dengan model Cornot. Pada penelitian ini akan dikembangkan model matematik berdasarkan model Cournot [1838] dengan mempertimbangkan kondisi factual kurva permintaan fungsi biaya.

2. PERSAINGAN DUOPOLI

Sebagaimana dikemukakan pada sub bab sebelumnya, pada persaingan duopoli perilaku satu perusahaan berpengaruh signifikan terhadap perilaku perusahaan pesaing, sehingga dampaknya kedua perusahaan dapat menempati salah satu dari empat posisi bersaing relative dalam pasar yaitu *market leader*, *market challenger*, *market follower* dan *market nicher* (Kotler dan Amstrong, 1991). Pada penelitian ini PT. X diasumsikan berposisi bersaing sebagai *market leader* sedangkan PT. Y sebagai *market challenger*, yang untuk selanjutnya disebut *leader* dan *challenger*. Penentuan posisi bersaing ini didasarkan pada pertimbangan bahwa PT. X lebih dahulu menjadi pelanggan dari RS ABC dibandingkan dengan PT.Y. Selain itu pada saat sekarang, PT. X mempunyai pangsa pasar sekitar 60% dan PT. Y sekitar 40%.

Dalam usaha mempertahankan atau memperluas pangsa pasar, Kotler and

Armstrong (1991) mengemukakan bahwa, *leader* dapat menerapkan enam strategi bersaing yaitu *position defense*, *flanking defense*, *preemptive defense/strategy*, *counteroffensive defense*, *mobile defense* dan *contraction defense*, sedangkan *challenger* dapat menerapkan lima strategi bersaing yaitu *frontal attack*, *flanking attack*, *encirclement attack*, *bypass attack* dan *guerilla attack*.

Pada pasar duopoli, selain bersaing secara fair dimungkinkan juga terjadi kolusi antara kedua perusahaan, misalkan dalam menentukan harga. Kolusi pada pasar duopoli lebih mudah terjadi dibandingkan dengan oligopoli yang lebih luas dengan 3 (tiga) atau lebih perusahaan yang bersaing dalam pasar. Hal ini dimungkinkan terjadi karena komunikasi atau kesepakatan yang melibatkan dua perusahaan relaif lebih mudah dicapai kesepakatan dibandingkan dengan lebih dari dua perusahaan. Kolusi yang dilakukan kedua perusahaan, dapat dilakukan secara tertutup (diam-diam) atau dapat juga secara terbuka (terang-terangan).

Dalam penelitian ini, *leader* diasumsikan menggunakan strategi bersaing *position defense* (PD), *preemptive strategy* (PS), dan kolusi (K) sedangkan *challenger* menerapkan strategi *frontal attack* (FA), *encirclement attack* (EA) dan Kolusi (K). Berikut adalah uraian dari masing-masing sttrategi bersaing tersebut:

Position Defense (pertahanan posisi).

Merupakan bentuk pertahanan paling mendasar yaitu membangun benteng yang kokoh di daerah kekuasaan dan sulit direbut oleh pesaing. Dalam penelitian ini, strategi *position defense* diartikan sebagai PT. X memberikan diskon harga sebesar 5%. Diskon ini belum merupakan diskon tertinggi yang dapat diberikan perusahaan.

Preemptive Strategy (strategi aktif mendahului). Merupakan bentuk strategi pertahanan paling agresif yaitu menyerang lebih dahulu sebelum

pesaing menyerang. Dalam penelitian ini, strategi *preemptive strategy* diartikan sebagai PT. X memberikan diskon harga tertinggi yang dapat diberikan oleh perusahaan yaitu sebesar 10%.

Frontal attack (serangan dari depan). Merupakan usaha *challenger* untuk memperluas pangsa pasar dengan cara berhadapan langsung dengan *leader*, yang diartikan sebagai *challenger* akan memasarkan produk dengan performansi dan kuantitas yang sama dengan *leader*. Dalam penelitian ini, PT. Y akan menerapkan strategi yang seimbang atau sama dengan yang diterapkan PT. X. Artinya jika PT. X menerapkan strategi *position defense* maka PT. Y akan menerapkan strategi *position defense*, sedangkan jika PT. X menerapkan *preemptive strategy* maka PT. Y akan menerapkan *preemptive strategy*.

Encirclement attack (serangan mengepung). Merupakan bentuk strategi dimana *challenger* menggunakan segala potensi dan kemampuan yang dimiliki untuk menyerang *leader* dari berbagai sisi. Strategi ini dapat diartikan sebagai menggunakan strategi paling menguntungkan dalam arti menghasilkan keuntungan terbesar di antara strategi tersedia. Dalam penelitian ini PT. Y akan menggunakan strategi yang diperkirakan menghasilkan keuntungan minimal sama dengan yang dihasilkan PT. X. Artinya jika PT. X menggunakan strategi *position defense*, maka PT. Y akan menggunakan yang setara dengan *preemptive strategy* yang diperkirakan hasilnya lebih besar.

Kolusi. Merupakan bentuk strategi kesepakatan antara PT. X dengan PT. Y untuk menaikkan harga jual. Dalam penelitian ini, karena harga jual diasumsikan tetap, maka diimplementasikan dengan mengurangi

biaya promosi agar keuntungan maksimum.

3. FORMULASI MODEL

Notasi-notasi yang digunakan dalam formulasi model adalah:

- Q Kuantitas pertambahan volume pasar, unit
- Q_x Kuantitas perolehan PT. X dari pertambahan volume pasar, unit
- Q_y Kuantitas perolehan PT. Y dari pertambahan volume pasar, unit
- P_x Total pemasukan PT. X, Rp
- P_y Total pemasukan PT. Y, Rp
- c_x Biaya variable PT. X, Rp/unit
- c_y Biaya variable PT. Y, Rp/unit
- F_x Biaya tetap PT. X, Rp
- F_y Biaya tetap PT. Y, Rp
- p Harga jual, Rp/unit
- T_c Total biaya masing-masing perusahaan, Rp

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam model yang diusulkan:

- a. Besar biaya variabel untuk kedua perusahaan tidak konstan melainkan mengikuti pola yang sesuai dengan kondisi riil.
- b. Besar biaya tetap untuk kedua perusahaan ditetapkan sama dengan 0 (nol).
- c. Harga jual obat pada kedua perusahaan sama dan besarnya konstan selama horison perencanaan.

Berdasarkan asumsi yang dikemukakan di atas, maka diformulasikan model seperti berikut:

Keuntungan yang diperoleh PT. X:

$$\begin{aligned} \Pi_x &= P_x - T_{c_x} \quad \text{atau} \\ \Pi_x &= p \cdot Q_x - F_x - c_x \cdot Q_x \end{aligned} \quad (1)$$

Keuntungan yang diperoleh PT. Y:

$$\begin{aligned} \Pi_y &= P_y - T_{c_y} \quad \text{atau} \\ \Pi_y &= p \cdot Q_y - F_y - c_y \cdot Q_y \end{aligned} \quad (2)$$

Kuantitas pertumbuhan volume pasar diformulasikan:

$$Q = Q_x + Q_y \quad (3)$$

Harga jual ditentukan sesuai konsep bahwa semakin banyak produk tersedia dalam pasar, maka harga jual semakin murah:

$$p = a - b.Q \tag{4}$$

dengan a dan b adalah konstanta.

Jika Persamaan (3) dan (4) disubstitusikan ke Persamaan (1) dan (2), diperoleh:

$$\Pi_x = a.Q_x - b.Q_x^2 - b.Q_x Q_y - F_x - c_x Q_x \tag{5}$$

$$\Pi_y = a.Q_y - b.Q_y^2 - b.Q_x Q_y - F_y - c_y Q_y \tag{6}$$

Dalam persaingan antara PT.X dan PT.Y, kedua perusahaan sama-sama menginginkan keuntungan maksimum. Karena syarat cukup untuk kondisi optimum adalah diferensial pertama sama dengan 0, sehingga jika Persamaan (5) dan (6) didiferensialkan dan diambil sama dengan nol, akan diperoleh:

$$Q_x = \frac{a - c_x}{2b} - \frac{Q_y}{2} \tag{7}$$

$$Q_y = \frac{a - c_y}{2b} - \frac{Q_x}{2} \tag{8}$$

Persamaan (7) dan (8) merupakan reaksi perusahaan atas target dari perusahaan pesaing. Artinya Persamaan (8) merupakan reaksi dari PT. X atas target yang ditetapkan PT. Y untuk memperoleh pertambahan volume pasar sebesar Q_y . Hal sebaliknya untuk PT. Y dengan Persamaan (9). Kesetimbangan akan terjadi dalam pasar jika keinginan kedua perusahaan sesuai atau jika persamaan reaksi keduanya berpotongan. Jika Persamaan (7) disubstitusikan ke Persamaan (8), sebaliknya Persamaan (8) disubstitusikan ke Persamaan (7), maka diperoleh:

$$Q_x = \frac{a - 2c_x + c_y}{3b} \tag{9}$$

$$Q_y = \frac{a - 2c_y + c_x}{3b} \tag{10}$$

Sesuai dengan asumsi di atas, bahwa biaya variabel c_x dan c_y tidak bersifat

konstan tetapi berdasarkan pada kondisi riil di perusahaan.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Data Jumlah Permintaan

Data jumlah permintaan terhadap obat di RS ABC dari PT. X dan PT. Y selama periode tahun 2005 – 2009 ditunjukkan Tabel 1 dan Tabel 1. data ini diperoleh melalui *medical representative* yang menjadi ujung tombak dari kedua perusahaan dalam memasarkan obat.

Tabel 1. Jumlah Permintaan Obat A

Bulan	Jumlah permintaan obat A, box				
	05	06	07	08	09
Januari	75	72	74	72	70
Februari	80	70	75	80	89
Maret	32	30	32	30	29
April	35	35	39	34	36
Mei	35	33	38	38	37
Juni	40	35	40	35	37
Juli	120	120	117	115	121
Agustus	145	150	150	160	180
September	40	35	35	40	42
Oktober	32	30	32	33	31
November	15	15	14	12	13
Desember	13	14	14	10	11

Sumber: *Medical Representative* PT. X, 2010

Tabel 2. Jumlah permintaan Obat B

Bulan	Jumlah permintaan obat A, box				
	05	06	07	08	09
Januari	20	20	30	33	41
Februari	22	25	30	32	40
Maret	25	25	32	35	44
April	30	35	46	60	75
Mei	20	23	25	27	25
Juni	20	21	23	30	27
Juli	78	80	87	100	110
Agustus	80	95	100	115	120
September	30	30	40	49	50
Oktober	15	16	18	20	25
November	18	18	23	24	25
Desember	20	23	30	38	45

Sumber: *Medical Representative* PT. Y, 2010

4.2. Data Biaya

Data biaya yang dimaksud di sini adalah biaya variabel yang berpengaruh terhadap pencapaian keuntungan perusahaan. Komponen biaya yang

dikeluarkan oleh PT. X dan PT. Y sama, yang terdiri dari:

- a. Kunjungan dokter
- b. Survey Apotik
- c. Jamuan tamu
- d. Pemberian hadiah
- e. Biaya Seminar
- f. Biaya Simposium
- g. Pemberian diskon dan
- h. Insentif untuk *medical representative*.

Hasil pengumpulan data yang dilakukan kemudian diolah, maka biaya *variable* masing-masing perusahaan ditunjukkan table-table di bawah ini.

Tabel 3. Biaya *variable Leader* untuk alternatif strategi bersaing PD-FA

Bulan	Biaya variable leader pada alternatif strategi PD-FA, Rp/box			
	06	07	08	09
Januari	6.632	7.016	6.936	6.009
Februari	20.560	20.202	18.799	17.120
Maret	41.800	41.972	47.300	53.940
April	17.443	17.154	17.859	16.616
Mei	20.800	20.489	18.063	19.449
Juni	18.857	19.349	21.214	19.895
Juli	8.516	9.435	8.651	8.694
Agustus	17.351	16.690	16.138	15.492
September	74.014	74.014	69.300	74.014
Oktober	23.430	22.364	24.340	26.733
November	36.300	41.014	48.675	42.646
Desember	20.978	19.800	23.100	22.800

Sumber: Olah data, 2010

Tabel 4. Biaya *variable Challenger* untuk pasangan strategi bersaing PD-FA

Bulan	Biaya variable leader pada alternatif strategi PD-FA, Rp/box			
	06	07	08	09
Januari	21.780	16.874	19.224	19.517
Februari	18.480	20.724	21.240	21.136
Maret	21.780	19.692	19.310	19.224
April	16.010	15.702	13.849	13.904
Mei	29.333	34.584	40.890	53.724
Juni	22.295	22.159	19.074	19.501
Juli	8.555	8.856	9.174	8.274
Agustus	18.118	18.579	18.572	19.349
September	56.474	45.474	42.948	43.824
Oktober	35.161	40.890	44.649	37.224
November	18.890	17.137	17.974	20.724
Desember	17.137	16.873	14.645	13.390

Sumber: Olah data, 2010

Table biaya variable untuk alternatif pasangan strategi lain adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Biaya *variable Leader* untuk alternatif strategi bersaing PS-FA (Rp/box)

Bulan	2006	2007	2008	2009
Januari	9.933	10.316	10.236	9.309
Februari	23.860	23.501	22.099	20.417
Maret	45.100	45.271	50.600	57.237
April	20.724	20.454	21.158	19.916
Mei	24.100	23.788	21.363	22.749
Juni	22.157	22.649	24.514	23.195
Juli	12.113	12.735	11.950	11.994
Agustus	19.880	19.990	19.438	18.791
September	77.314	77.314	72.600	77.314
Oktober	26.730	25.664	27.640	30.033
November	39.600	44.314	51.975	45.946
Desember	24.278	23.100	26.400	26.100

Sumber: Olah data, 2010

Tabel 6. Biaya *variable Challenger* untuk alternatif strategi bersaing PD-FA (Rp/box)

Bulan	2006	2007	2008	2009
Januari	25.080	20.174	22.524	22.816
Februari	21.780	24.023	24.539	24.436
Maret	25.080	22.992	22.609	22.524
April	19.309	19.002	17.149	17.204
Mei	32.632	37.884	44.190	57.024
Juni	25.595	25.458	22.374	22.801
Juli	11.855	11.886	12.474	11.574
Agustus	21.418	21.879	21.872	22.649
September	59.774	48.774	46.248	47.124
Oktober	38.461	44.190	47.949	40.524
November	22.190	20.437	21.274	24.024
Desember	20.437	20.174	17.945	16.690

Sumber: Olah data, 2010

Tabel 7. Biaya *variable Leader* untuk alternatif strategi bersaing Kolusi

Bulan	2006	2007	2008	2009
Januari	3.333	3.716	3.636	2.709
Februari	17.260	16.902	15.499	13.817
Maret	38.500	38.672	44.000	50.637
April	14.143	13.854	14.558	13.316
Mei	17.500	17.189	14.763	16.149
Juni	15.557	16.049	17.914	16.595
Juli	4.812	5.641	5.021	5.045
Agustus	14.872	14.600	13.581	12.832
September	70.714	70.714	66.000	70.714
Oktober	20.130	19.064	21.040	23.433
November	33.000	37.714	45.375	39.346
Desember	17.678	16.500	19.800	19.500

Sumber: Olah data, 2010

Tabel 8. Biaya *variable Challenger* untuk alternatif strategi bersaing Kolusi (Rp/box)

Bulan	2006	2007	2008	2009
Januari	18.480	13.574	15.924	16.217
Februari	15.180	17.424	17.939	17.836
Maret	18.480	16.392	16.009	15.924
April	12.710	12.402	10.549	10.604
Mei	26.033	31.284	37.590	50.424
Juni	18.995	18.858	15.774	16.201
Juli	5.255	5.286	5.873	4.974
Agustus	14.818	15.279	15.271	16.049
September	53.174	42.174	39.648	40.524
Oktober	31.861	37.590	41.349	33.924
November	15.590	13.837	14.674	17.424
Desember	13.837	13.573	11.345	10.090

Sumber: Olah data, 2010

5. PEMBAHASAN

5.1. Analisis Pola Permintaan dan Biaya

Sebagaimana dikemukakan pada sub bab sebelumnya bahwa permintaan terhadap obat A maupun obat B dari bulan ke bulan pada setiap tahun yang ditunjukkan Tabel 1 dan Tabel 2, tidak membentuk pola tertentu misalnya linier atau eksponensial. Hal yang sama juga terjadi pada biaya variabel untuk PT. X maupun PT. Y, tidak membentuk pola tertentu. Namun jika dilihat pada bulan yang sama pada setiap tahun dari tahun 2005 – 2009, maka terlihat dengan jelas bahwa baik permintaan pasar maupun biaya variabel untuk kedua perusahaan memperlihatkan pola tertentu.

Dalam penelitian ini sesuai dengan yang dikemukakan pada asumsi bahwa kurva permintaan pasar dan biaya sesuai dengan kondisi riil diperusahaan. Dengan mempertimbangkan pola yang terbentuk tersebut maka perhitungan profit perusahaan baik PT. X maupun PT. Y menggunakan acuan bulan dari tahun ke tahun untuk memprediksi profit kedua perusahaan pada bulan yang sama tahun berikutnya. Hal seperti ini umumnya digunakan pada estimasi inflasi.

5.2. Analisis Perilaku Model

Dalam sub bab ini dilakukan analisis profit masing-masing perusahaan untuk

semua alternatif pasangan strategi untuk bulan Agustus dan bulan Februari selama 4 tahun prediksi yaitu tahun 2010 sampai 2013. Dipilihnya bulan kedua bulan tersebut karena perilaku biaya variabel kedua perusahaan membentuk pola yang berbeda. Pada bulan Agustus untuk leader fungsi biayanya membentuk pola tren linier, sedangkan untuk challenger membentuk pola kuadratis. Hal yang sebaliknya terjadi pada bulan Februari, sehingga kedua bulan ini dipilih untuk menggambarkan perilaku model. Berikut ini ditunjukkan profit dan profit per unit masing perusahaan untuk masing-masing pasangan strategi.

Tabel 9. Profit PT. X dan PT. Y Agustus periode 2010-2013 (Rp)

	Agustus	2010	2011	2012	2013
PD-FA	Leader	3.482.793	3.639.963	3.800.643	3.964.772
	Challenger	2.245.810	2.141.371	2.39.419	1.939.953
PS-FA	Leader	3.273.658	3.273.658	3.603.220	4.027.543
	Challenger	1.953.652	1.792.521	1.613.118	1.419.520
PD-EA	Leader	3.812.016	3.976.388	4.144.229	4.315.540
	Challenger	1.758.739	1.666.459	1.576.666	1.489.360
PS-EA	Leader	3.273.658	3.603.220	4.027.543	4.559.518
	Challenger	1.953.652	1.792.521	1.613.118	1.419.520
Kolusi	Leader	3.812.016	3.983.267	4.158.282	4.337.059
	Challenger	2.511.645	2.398.455	2.287.874	2.179.904

Sumber: Olah data, 2010

Tabel 10. Profit per Unit PT. X dan PT. Y Agustus periode 2010-2013 (Rp/unit)

	Agustus	2010	2011	2012	2013
PD-FA	Leader	23.811	24.342	24.873	25.405
	Challenger	19.120	18.670	18.220	17.770
PS-FA	Leader	23.065	24.219	25.605	27.244
	Challenger	17.833	17.082	16.204	15.201
PD-EA	Leader	24.911	25.442	25.973	26.505
	Challenger	16.920	16.470	16.020	15.570
PS-EA	Leader	23.065	24.219	25.605	27.244
	Challenger	17.833	17.082	16.204	15.201
Kolusi	Leader	24.911	25.464	26.017	26.571
	Challenger	20.220	19.759	19.298	18.837

Sumber: Olah data, 2010

Jika dilihat keuntungan yang diperoleh masing-masing perusahaan PT. X dan PT. Y khususnya saat terjadi permintaan terhadap obat tinggi (bulan Agustus) sebagaimana ditunjukkan Tabel 9, maka strategi apapun yang diterapkan oleh PT. X sebagai *leader* keuntungan selalu naik dari tahun ke tahun. Namun kenaikan keuntungan terbesar justru ketika PT. X

(*leader*) menerapkan strategi bersaing PS dan PT. Y (*challenger*) menerapkan strategi EA. Artinya bahwa ketika keduanya PT. X dan PT. Y mengerahkan segenap tenaga dan kemampuan untuk bersaing memperebutkan volume pasar, maka terlihat keunggulan pengalaman dan pangsa pasar yang dimiliki *leader* menentukan keberhasilannya. Kondisi yang sama juga terjadi ketika melihat keuntungan per unit sebagaimana ditunjukkan Tabel 10.

Bagi PT. Y (*challenger*) yang berusaha memperbesar pangsa pasar, penerapan strategi bersaing FA akan lebih memberikan harapan dibandingkan kedua strategi yang lain yaitu EA dan Kolusi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 yang menunjukkan bahwa penurunan keuntungan dan keuntungan per unit pada bulan yang sama dari tahun ke tahun relative lebih kecil untuk strategi FA dibanding dua strategi yang lain.

Tabel 11. Profit per unit PT. X dan PT. Y Februari periode 2010-2013 (Rp/unit)

Agustus		2010	2011	2012	2013
PD-	Leader	21.813	23.027	24.290	25.603
FA	Challenger	20.115	20.845	22.136	23.969
PS-	Leader	21.811	21.703	21.203	20.312
FA	Challenger	18.466	19.857	22.030	24.965
PD-	Leader	22.913	24.127	25.390	26.703
EA	Challenger	17.915	18.645	19.936	21.789
PS-	Leader	21.811	21.703	21.203	20.312
EA	Challenger	18.466	19.857	22.030	24.965
Kolusi	Leader	24.011	23.903	23.403	22.512
	Challenger	20.666	22.057	24.230	27.185

Table 11 menunjukkan keuntungan per unit PT. X dan PT. Y ketika permintaan terhadap tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah (sedang). Pada kondisi permintaan pasar sedang, justru menguntungkan bagi PT. Y sebagai *challenger*. Tabel 11 menunjukkan bahwa strategi apapun yang diterapkan PT. Y sebagai *challenger*, keuntungan selalu naik dan yang relative lebih tinggi kenaikannya adalah ketika menerapkan strategi EA. Sementara itu leader mengalami penurunan keuntungan per unit dari periode ke periode. Hal ini dapat dimengerti karena

untuk permintaan yang relative rendah, tentu biaya unit leader akan lebih tinggi dibandingkan dengan *challenger*.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari uraian dan analisis yang dilakukan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dalam menentukan strategi yang akan diterapkan, sebaiknya *leader* dan *challenger* mempertimbangkan volume pasar. Pada bulan dengan volume pasar tinggi seperti Agustus sebaiknya PT. X menerapkan strategi PS sedangkan PT. Y sebaiknya menerapkan strategi FA.
- Pada kondisi dimana volume permintaan yang relative rendah seperti bulan Februari apalagi pada saat volume permintaan rendah, sebaiknya PT. Y menerapkan strategi EA.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

- Sebaiknya perusahaan secara rutin memperhitungkan volume pasar dan biaya variable ketika akan memilih strategi bersaing yang diterapkan.
- Penelitian lanjut disarankan untuk pasar oligopoly yang lebih dari dua perusahaan dalam pasar dan faktor biaya unit sebagai fungsi volume permintaan bukan *time series*.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyam, T.C.A., (1996), *Competitive Capacity Expansion under Demand Uncertainty*, European Journal of Operational Research, Vol. 95(1), 89-114
- Burhan., (2006), *Konsep Dasar Ekonomi Mikro*, Badan Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Brawijaya, Malang
- Chang MH., (1992), *Exclusive Dealing Contracts in a successive Duopoly with*

Side Payments, Southerm Economic Journal, ABI/INFORM Global

- Farham., (2005). *Model Ekspansi Kapasitas yang Mempertimbangkan Persaingan Duopoli dan Inovasi Teknologi Untuk Horison Perencanaan Terbatas*, Jurnal TEKNOIN Fakultas Teknologi Industri UII Yogyakarta, Vol. 10 (1), 61-74
- Kotler, P. and G. Armstrong, (1991), *Principles of Marketing*, 5th ed., Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall International, Inc.
- Miller, RL., and Meiners, RE., (1997), *Teori Ekonomi Mikro Intermediate*, PT. Raja Grafindo Persada
- Laidler, D and Estrin, S.,(1989), *“Introduction to Microeconomics”*, Third Edition, Philip Allan, London
- Powel; S.G and Oren, S.S, (1989), *The Transition to Nondepletable Energy: Social Planning and market Models of Facility Expansion*, Operations Research, Vol. 37 No. 3, 373-383
- Simamora., (1999)., *Akuntansi Manajemen*, Jakarta, Salemba Empat
- Suryawati., (2005), *Teori Ekonomi Mikro*, Unit Penerbit dan Percetakan (UPP) AMP YKPN, Yogyakarta
- Tjiptono, F., (1995), *Startegi Pemasaran*, Cetakan Pertama, Andi Offset, Yogyakarta
- Wernerfelt, B., (1985), *The Dynamics of Prices and Market Shares over Product Life Cycle*, Management Science, Vol. 31, No. 8, 928-939

ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS (Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)

Abdul Djalal

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta*

ABSTRACT

Productivity is a measurement for every company, by implementing efficiency; it can achieve its productivity. This research is aimed to define an elasticity index of every production input and its output or profits contribution. Cobb-Douglas method is applied to define an elasticity of production input and double linier in order to find the correlation of each production input.

This research shows the amount of production input elasticity that is achieved by PDAM Kebumen Regency in 2004, material and energy production input influence profits significantly. But in 2005, Variable of material production input influence to profits significantly. In 2006, there were strong positive correlation among production input of workers, material, energy and profits, and strong negative correlation between information system and profits. In 2007, production input variable of material affected to profits significantly.

Keywords: Productivity, Cobb-Douglas Method

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi persaingan yang semakin kuat di era globalisasi ini, maka keunggulan suatu perusahaan dalam bisnis moderen tidak hanya diukur dari mutu produk saja, tetapi juga dari keseluruhan sistem kerja perusahaan serta keuntungan yang diperoleh perusahaan. Yang menjadi tolak ukur kemajuan perusahaan adalah penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien. (Sri Kartini, 2006).

Sampai saat ini masih banyak perusahaan yang belum menyadari bahwa dalam melakukan penilaian kinerja perusahaannya tidak hanya diukur dari hasil atau *output* yang dicapai tetapi juga menggunakan sumberdaya yang efisien dalam menghasilkan barang atau jasa dengan cara yang efektif. Oleh karena itu perusahaan sangat berkepentingan dengan analisis produktivitas untuk mengetahui produktivitas perusahaan dari waktu ke waktu.

Produktivitas merupakan suatu petunjuk arah dalam usaha pengembangan

perusahaan dimasa yang akan datang. Masalah produktivitas dapat didefinisikan sebagai deviasi atau penyimpangan yang terjadi antara produktivitas aktual (hasil ukuran) dan sasaran yang direncanakan atau diharapkan (sasaran produktivitas tertentu). (Vincent Gaspersz, 1998).

Keberhasilan pengelolaan perusahaan tercermin pada pengukuran produktivitas yang dicapai. Pengukuran produktivitas akan membantu kita dalam memahami situasi yang telah terjadi berkenaan dengan pertumbuhan perusahaan dan sebagai petunjuk arah pengembangan perusahaan dimasa yang akan datang.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pelayanan air minum kepada masyarakat di suatu wilayah tertentu. Salah satu upaya dalam memberikan jaminan untuk mencapai berbagai tuntutan dari konsumen adalah melalui peningkatan produktivitas.

Terdapat berbagai macam metode pengukuran tingkat produktivitas yang

memiliki fungsi berbeda-beda. Bahkan pada tiap perusahaan yang biasanya diperlukan modifikasi metode yang disesuaikan dengan kondisi perusahaan.

Penelitian ini akan membahas tentang analisis perhitungan tingkat produktivitas untuk produksi dengan beberapa *input*. Dengan hasil pengukuran tersebut maka dapat melakukan analisis terhadap tingkat produktivitas dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

1.1. Tujuan

Mengetahui besarnya elastisitas (besarnya perubahan) *input* produksi terhadap tingkat produktivitas total produksi.

Mengetahui variabel *input* yang mempengaruhi atau berkontribusi pada *output* produksi.

1.2. Kajian Pustaka

Organisasi industri merupakan salah satu mata rantai dari sistem perekonomian, karena organisasi memproduksi dan mendistribusikan produk (barang dan /atau jasa). Produk merupakan fungsi pokok dalam setiap organisasi, yang mencakup aktivitas yang bertanggung jawab untuk menciptakan nilai tambah produk yang merupakan *output* dari setiap organisasi industri itu.

Sistem produksi merupakan sistem integrasi yang mempunyai komponen struktural dan fungsional. Di dalam sistem produksi modern sering terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah *input* menjadi *output* yang dapat dijual dengan harga kompetitif dipasar.

Komponen atau elemen struktur yang membentuk sistem produksi terdiri dari : bahan (material), mesin dan peralatan, tenaga kerja, modal, energi, informasi, tanah dan lain-lain. Sedangkan komponen atau elemen fungsional terdiri dari : supervisi, perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan. Suatu sistem produksi selalu dalam lingkungan, sehingga aspek-aspek lingkungan seperti: perkembangan teknologi, sosial, ekonomi,

serta kebijakan pemerintah akan sangat mempengaruhi keberadaan sistem produksi itu. Secara skematis sederhana, sistem produksi dapat digambarkan seperti dalam gambar 2.1

Elemen-elemen utama dari sistem produksi adalah : *input*, proses dan *output*, serta adanya suatu mekanisme umpan balik untuk pengendalian sistem produksi itu agar mampu meningkatkan perbaikan terus-menerus (*Continuous improvement*).

Produktivitas merupakan suatu petunjuk arah dalam usaha pengembangan perusahaan dimasa yang akan datang. Masalah produktivitas dapat didefinisikan sebagai deviasi atau penyimpangan yang terjadi antara produktivitas aktual (hasil ukuran) dan sasaran yang direncanakan atau diharapkan (sasaran produktivitas tertentu). (Vincent Gaspersz, 1998).

(Mali, 1978) Menyatakan bahwa produktivitas tidak sama dengan produksi, tetapi produksi, performansi kualitas, hasil-hasil, merupakan komponen dari usaha produktivitas. Dengan itu, produktivitas merupakan suatu kombinasi dari efektivitas dan efisien, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut :

$$\text{Pr oduktivitas} = \frac{\text{outputyangdihasilkan}}{\text{inputyangdigunakan}} = \frac{\text{efektivitas}}{\text{efisiensi}}$$

Produktivitas sering dianggap sebagai suatu pengertian yang sama artinya dengan produksi. Akan tetapi, jelas bahwa produktivitas bukan produksi. Pengertian produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umunya dinyatakan sebagai *volume* produksi dan dalam satuan *unit*. Sedangkan produktivitas adalah suatu tingkat perbandingan antara besarnya keluaran dengan besarnya masukannya.

Elastisitas adalah derajat kepekaan kuantitas yang diminta (atau ditawarkan) terhadap salah satu faktor yang mempengaruhi fungsi permintaan (atau penawaran). Elastisitas pendapatan adalah presentase perubahan kuantitas barang yang diminta yang disebabkan oleh

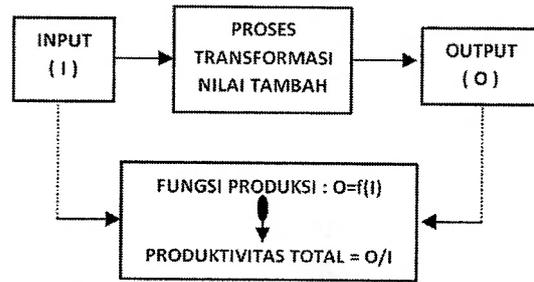
perubahan pendapatan konsumen. Nilai kritis elastisitas adalah satu, dimana koefisien elastisitas tergantung pada apakah koefisien tersebut lebih besar, sama dengan atau lebih kecil dari satu.

Pengukuran Produktivitas berdasarkan Pendekatan Fungsi Produksi *Cobb-Douglas*.

Input dalam sistem produksi dapat diklasifikasikan kedalam dua jenis, yaitu *input* tetap dan *input* variabel. Dimana *input* tetap adalah suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaan *input* tidak tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi. Sangat perlu dipertimbangkan bahwa *input* tetap hanya dipertimbangkan untuk periode jangka pendek (*short run period*), sedangkan untuk periode jangka panjang (*long run period*) semua *input* bagi sistem produksi dipertimbangkan sebagai *input* variabel. *Input* variabel adalah suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaan *input* itu tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi.

Input yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Input* Tenaga Kerja, Material, Energi, Mesin, Tanah, Sistem Informasi dan Manajerial. Dari inputan tersebut nantinya akan diketahui pengaruhnya terhadap produksi (pendapatan) yang diperoleh perusahaan. Bentuk fungsi produksi *Cobb-Douglas* bersifat sederhana dan mudah dalam penerapannya, dimana mampu menggambarkan keadaan skala hasil, apakah nantinya produktivitas itu sedang meningkat, tetap atau menurun. Koefisien fungsi produksi *Cobb-Douglas* secara langsung menggambarkan elastisitas produksi dari setiap *input* yang dipergunakan dan dipertimbangkan untuk dikaji dalam fungsi produksi itu.

Kerangka kerja dari model pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan fungsi *Cobb-Douglas* secara konseptual dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Kerangka Kerja: Pengukuran Produktivitas Total Menggunakan Fungsi Pendekatan Cobb-Douglas

Untuk menghitung tingkat produktivitas dari perusahaan menggunakan rasio antara *output* dengan *input*, secara matematis sebagai berikut :

$$\text{Pr oduktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Dengan rumus matematis diatas dapat dihitung masing-masing produktivitas tiap inputan yang digunakan (produktivitas parsial). Hal ini dilakukan perhitungan dalam periode bulanan, dengan periode dasar tahun 2004. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan Pendekatan Fungsi Produksi *Cobb-Douglas*.

Model pengukuran produktivitas berdasarkan Pendekatan Fungsi produksi *Cobb-Douglas* memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$Q = \delta \times I^{\beta}$$

Dimana:

Q = *Output*

I = *Input*

δ = indeks efisiensi penggunaan *input* terhadap *output*.

β = elastisitas produksi dari *input*

Penelitian ini menggunakan beberapa *input* sebagai perhitungan, yaitu tenaga kerja, material, energi, mesin, tanah, sistem informasi dan manajerial. Dimana satuan variabel biaya yang digunakan akan dikonversi sama kedalam satuan uang (rupiah). Dari inputan yang ada dapat dirumuskan dalam perhitungan, sebagai berikut :

$$Q = \delta \times L^{\beta_1} \times M^{\beta_2} \times E^{\beta_3} \times T^{\beta_4} \times U^{\beta_5} \times S^{\beta_6} \times J^{\beta_7}$$

Dimana:

- Q = Output
- L = Input Tenaga Kerja
- M = Input Material
- E = Input Energi
- T = Tanah
- U = Mesin
- S = Sistem Informasi
- J = Manajerial
- δ = indeks efisiensi penggunaan input terhadap output (indeks produktivitas total)
- β_1 = elastisitas produksi dari input Tenaga kerja
- β_2 = elastisitas produksi dari input Material
- β_3 = elastisitas produksi dari input Energi
- β_4 = elastisitas Mesin
- β_5 = elastisitas Tanah
- β_6 = elastisitas Sistem Informasi
- β_7 = elastisitas Manajerial

Dari konsep perhitungan yang menggunakan fungsi produksi *Cobb-Douglas*, data produksi (Q) dan penggunaan inputan tenaga kerja (L), material (M), energi (E), mesin (U), tanah (T), sistem informasi (S) dan manajerial (J) akan ditransformasikan kedalam *logarithm natural (ln)* yang berbilangan dasar e = 2,71828.

$$\ln Q = \sum \ln Q / n \quad (11)$$

$$\ln L = \sum \ln L / n \quad (12)$$

$$\ln M = \sum \ln M / n \quad (13)$$

$$\ln E = \sum \ln E / n \quad (14)$$

$$\ln T = \sum \ln T / n \quad (15)$$

$$\ln U = \sum \ln U / n \quad (16)$$

$$\ln S = \sum \ln S / n \quad (17)$$

$$\ln J = \sum \ln J / n \quad (18)$$

Untuk mencari elastisitas masing-masing input menggunakan rumus matematis sebagai berikut :

$$\beta_1 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln L) - (\sum \ln Q) \sum \ln L\}}{\{n \sum (\ln L)^2 - (\sum \ln L)^2\}} \quad (19)$$

$$\beta_2 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln M) - (\sum \ln Q) \sum \ln M\}}{\{n \sum (\ln M)^2 - (\sum \ln M)^2\}} \quad (20)$$

$$\beta_3 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln E) - (\sum \ln Q) \sum \ln E\}}{\{n \sum (\ln E)^2 - (\sum \ln E)^2\}} \quad (21)$$

$$\beta_4 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln T) - (\sum \ln Q) \sum \ln T\}}{\{n \sum (\ln T)^2 - (\sum \ln T)^2\}} \quad (22)$$

$$\beta_5 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln U) - (\sum \ln Q) \sum \ln U\}}{\{n \sum (\ln U)^2 - (\sum \ln U)^2\}} \quad (23)$$

$$\beta_6 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln S) - (\sum \ln Q) \sum \ln S\}}{\{n \sum (\ln S)^2 - (\sum \ln S)^2\}} \quad (24)$$

$$\beta_7 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln J) - (\sum \ln Q) \sum \ln J\}}{\{n \sum (\ln J)^2 - (\sum \ln J)^2\}} \quad (25)$$

$$\tau = \overline{\ln Q} - (\beta \overline{\ln I}) \quad (26)$$

$$\ln \delta = \tau \rightarrow \delta = \text{anti} \ln \tau = e^\tau \quad (27)$$

Jadi performansi produktivitas total atau indeks efisiensi dilihat dari δ dan rasio dari dua periode akan menunjukkan seberapa besar perubahan yang terjadi dari periode yang tersebut. Elastisitas dari masing-masing input yang digunakan dapat dilihat dari besarnya nilai $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ dan β_7 dan rasio dari dua periode menjadi tolak ukur dari besarnya efisiensi dan perubahan produktivitas apakah tetap, naik atau bahkan turun.

2. METODOLOGI

Objek penelitian yang digunakan adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Kabupaten Kebumen; Jalan Arumbinang No.12, Kebumen, Jawa Tengah. Dimana PDAM bergerak dalam bidang pelayanan air minum bagi masyarakat di wilayah kabupaten Kebumen. Sebagai bahan penelitian yang akan digunakan adalah data tahunan : pendapatan sebagai output yang dihasilkan perusahaan, dan biaya tenaga kerja, biaya material, biaya mesin, biaya

energi, biaya tanah, biaya sistem informasi dan biaya manajerial sebagai *input* produksi.

3. ANALISIS DATA

Berdasarkan metode Pendekatan Fungsi Produksi *Cobb-Douglas* pada periode tahun 2004 produktivitas total yang dimiliki perusahaan sebesar 3,2422 dan pada periode berikutnya (tahun 2005) produktivitas total yang dicapai perusahaan sebesar 4,9129, hal ini berarti indeks efisiensi produksi yang dicapai PDAM Kabupaten Kebumen pada tahun 2005 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2004 adalah sebesar : $4,9129/3,2422 = 1,51$. Kemudian pada tahun 2006 produktivitas total yang dicapai oleh perusahaan sebesar 5,5145 hal ini berarti indeks efisiensi produksi dari PDAM Kabupaten Kebumen pada tahun 2006 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2005 adalah sebesar : $5,5145/4,9129 = 1,12$, sedangkan pencapaian produktivitas total pada periode tahun 2007 sebesar 3,6164 yang artinya indeks efisiensi produksi dari perusahaan pada tahun 2007 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2006 adalah sebesar : $3,6164/5,5145 = 0,66$.

Indeks efisiensi yang dicapai oleh PDAM Kabupaten Kebumen dari periode 2005 sampai dengan 2007 sebesar : 1,51 , 1,12 dan 0,66 , dimana hal ini menunjukkan indeks efisiensi yang dicapai perusahaan mengalami perubahan yang cenderung mengalami penurunan setiap tahunnya, hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi perusahaan dalam mengelola sumber daya yang ada. Dalam hal ini adalah pengelolaan terhadap penggunaan setiap *input* yang digunakan dalam memproduksi.

Besarnya elastisitas setiap *input* dalam tiap periode sebagai berikut :

Periode tahun 2004 $\beta_1 = 0,2087$, $\beta_2 = 0,1968$, $\beta_3 = 0,7097$, $\beta_4 = 0,625$, $\beta_5 = 0,5813$, $\beta_6 = 0,2727$, $\beta_7 = 0,648$,

dimana hal ini berarti perubahan setiap nilai elastisitas *input* akan mempengaruhi tambahan *output* sebesar masing-masing nilai elastisitas *input*-nya. Periode ini (tahun 2004) digunakan sebagai periode dasar sebagai pembanding dengan periode berikutnya.

Periode tahun 2005 $\beta_1 = 0,1305$, $\beta_2 = 0,6582$, $\beta_3 = 0,9628$, $\beta_4 = 0,5096$, $\beta_5 = 1,1818$, $\beta_6 = 0,7941$, $\beta_7 = 0,6759$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 13,05%, *input* material = 65,82%, *input* energi = 96,28%, *input* mesin = 50,96%, *input* tanah = 118,18%, *input* sistem informasi = 79,41% dan *input* manajerial = 67,59%.

Periode tahun 2006 $\beta_1 = 0,3159$, $\beta_2 = 0,5553$, $\beta_3 = 0,6761$, $\beta_4 = 1,19$, $\beta_5 = 1,4599$, $\beta_6 = 0,2454$, $\beta_7 = 1,0719$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 31,59%, *input* material = 55,53%, *input* energi = 67,61%, *input* mesin = 119%, *input* tanah = 145,99%, *input* sistem informasi = 24,54% dan *input* manajerial = 107,19%.

Periode tahun 2007 $\beta_1 = 0,3049$, $\beta_2 = 0,9423$, $\beta_3 = 0,6063$, $\beta_4 = 0,2301$, $\beta_5 = 0,769$, $\beta_6 = 0,3529$, $\beta_7 = 0,4109$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 30,49%, *input* material = 94,23%, *input* energi = 60,63%, *input* mesin = 23,01%, *input* tanah = 76,9%, *input* sistem informasi = 35,29% dan *input* manajerial = 41,09%.

4. KESIMPULAN

- a. Periode 2004 sebagai periode dasar penelitian, total koefisien elastisitas

produksi perusahaan sebesar 3,2422 dengan nilai elastisitas *input* tenaga kerja (β_1)=0,2087, *input* material (β_2)=0,1968, *input* energi (β_3)=0,7097, *input* mesin (β_4)=0,6250, *input* tanah (β_5)=0,5813, *input* sistem informasi (β_6)=0,2727 dan *input* manajerial (β_7)=0,6480. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,785, 0,989, 0,931. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2004 adalah *input* material dan energi.

b. Periode 2005 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 4,9129 dengan elastisitas *input* tenaga kerja (β_1)=0,1305, *input* material (β_2)=0,6582, *input* energi (β_3)=0,9628, *input* mesin (β_4)=0,5096, *input* tanah (β_5)=1,1818, *input* sistem informasi (β_6)=0,7941 dan *input* manajerial (β_7)=0,675. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,819, 0,979, 0,968. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2005 adalah *input* material.

c. Pada periode tahun 2006 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 5,5145, dengan elastisitas setiap *input* produksi tenaga kerja (β_1)=0,3159, *input* material (β_2)=0,5553, *input* energi (β_3)=0,6761, *input* mesin (β_4)=1,1900, *input* tanah (β_5)=1,4599, *input* sistem informasi (β_6)=0,2454 dan *input* manajerial (β_7)=1,0719. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,785, 0,989, 0,931 dan korelasi negatif kuat antara pendapatan dengan sistem informasi.

d. Pada periode tahun 2007 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 3,6164, dengan elastisitas *input* tenaga kerja (β_1)=0,3049, *input* material (β_2)=0,9423, *input* energi (β_3)=0,6063, *input* mesin (β_4)=0,2301, *input* tanah (β_5)=0,7690, *input* sistem informasi (β_6)=0,3529 dan *input* manajerial (β_7)=0,4109. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,546, 0,986, 0,625. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2007 adalah *input* material.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Hadi (2007). *Pemakaian dan Penerapan ISO/IEC 17025:2005*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Assauri, Sofjan (2000). *Manajemen Produksi dan Operasi*, edisi IV, Jakarta : Lembaga Peneliti Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Eskartrimurti, Dra. (2006). *Pengantar Ilmu Ekonomi*, Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Gaspersz, Vincent (1998). *Manajemen Produktivitas Total*, Jakarta : Vincent Foundation dan PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Mali (1978). Dalam : Fitridiana, Rahmawati (2004). : *Pengukuran dan Analisis Produktivitas Total dan Parsial Perusahaan dengan metode David J. Shumanth*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
- Putti (1986). Dalam : Fitridiana, Rahmawati (2004). : *Pengukuran dan Analisis Produktivitas Total dan Parsial Perusahaan dengan metode David J. Shumanth*, Jurusan Teknik

Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia

Sri, Kartini (2006). Dalam : *Analisi Produktivitas Dengan Menggunakan American Productivity Center Model*,
jtptums-gdl-s1-2007-srikartini-3810 -
UMS Digital Library – GDL 4_0.htm

MAMMOGRAPHIC RISK ASSESSMENT USING TABÁR PATTERNS

Izzati Muhimmah

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta

ABSTRACT

Mammographic density quantitative estimation approach as a breast cancer risk indicator have been researched before, but the information in grayscale image is not enough to differences density classification. This paper discuss about alternatif of classification criteria using texton. Texton is commonly used in natural texture image. Texture information from mammografi image with Tabar pattern will be investigated in this research. Modelling and Texton selecting and result of density segmentation associated with risk assesment of breast cancer will be presented and analyzed in this paper.

Keywords: Mammografi, Segmentasi, Texton, Breast Cancer Risk, Tabár Patterns.

1. INTRODUCTION

Mammographic imaging uses X-rays and is based on the variable attenuation of breast tissue (Barrett and Swindell, 1981). Anatomical breast structures are profiled by the attenuation and tissue composition of those structures.

According to (Tabár et al. 2005), there are four building blocks of mammographic images which compose the normal breast anatomy as follows: *nodular densities* mainly corresponds to Terminal Ductal Lobular Units (TDLU), *linear densities* could be corresponded to either ducts, fibrous strand or blood vessels,

homogeneous-structureless densities correspond to fibrous tissues which appearance could hide the underlying normal TDLU and ducts as well as their alterations due to hyperplastic breast changes, and *radiolucent areas* are related to adipose tissues (fatty) which appears as oval dark areas. Some image patches of linear, nodular, and homogeneous densities are shown in Figure 1. From an image processing point of view, these building blocks can be seen as different textures and hence could drive a tissue segmentation process.

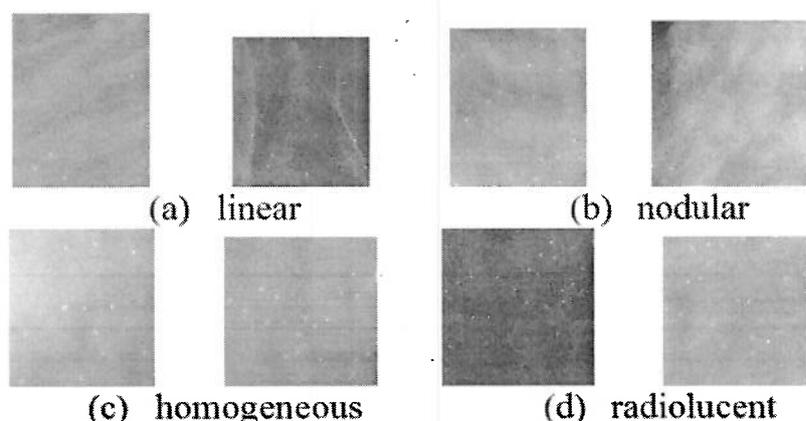


Figure 1. Example of Tabár building blocks which were provided by an expert radiologist: (a) linear, (b) nodular, (c) homogeneous, and (d) radiolucent.

In this paper, a robust technique, as reported by (Varma and Zisserman, 2005), in recognising natural textures under various illuminance conditions (i.e. texon-based approach) would be investigated. This technique is very attractive to be used for mammographic parenchymal patterns recognition, including for the low contrast cases.

1.1. Tabar's Five Mammographic Parenchymal pattern

Tabár *et al.* have proposed a mammographic risk assessment based on quantitative approach using the relative proportion of the mammographic building blocks. This is known as the Five Mammographic Parenchymal Patterns classification approach (Tabár *et al.* 2005).

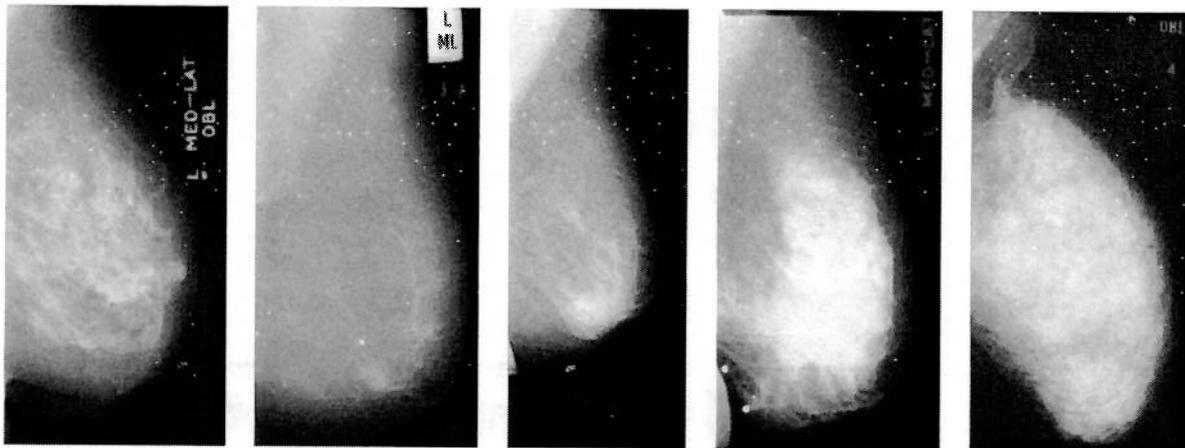


Figure 2. Examples of the Five Mammographic Risk Patterns.
From left to right: Patterns I-V.

- **Patterns I** mammograms consist of relatively equals of four building blocks, i.e: 25% of nodular density, 17.5% of linear density, 35% of homogeneous fibrous tissue, and 25% of radiolucent adipose tissues. It mostly common in premenopausal women.
- **Patterns II** represents the end results of involution (postmenopausal woman). It is dominated by fatty tissues and linear densities. The composition of breast tissues more or less such as: 2% of nodular densities, 14% of linear density, 2% of homogeneous fibrous tissue, and 82% of radiolucent adipose tissues.
- **Patterns III** is quite similar in composition with those in Pattern II, except that the retroareolar prominent ducts are often associated with periductal fibrosis.
- **Patterns IV** is dominated by prominent nodular and linear densities, which appears to be resistant to the process of involution. The composition are: 49% of nodular density, 19% of linear density, 15% of homogeneous fibrous tissue, and 17% of radiolucent adipose tissues.
- **Patterns V** is dominated by extensive fibrosis and is composed as 2% of nodular density, 2% of linear density, 89% of homogeneous fibrous tissue, and 7% of radiolucent adipose tissues.

Patterns I-III correspond to lower breast cancer risk, whilst Patterns IV-V relate to higher risk. Relative composition of the four building blocks (in the order [nodular, linear, homogeneous, radiolucent]) provides the feature space for risk classification, details explanation about these can be read in Section 1.4. Mammographic images representing these five risk patterns can be found in Figure 2.

1.2. Feature Extraction (Texton)

Julesz firstly hypothesized that iso-second-order textures are globally pre-attentive indistinguishable (Julesz *et al* 1973). However, he refuted this by showing cases where iso-second-order textures are easily discriminated because they are composed of local conspicuous features, such as 'closure', 'corner', 'connectivity' and 'granularity'. These local features are known as 'textons'. He concluded that two textures having different density changes in textons were pre-attentively distinguishable (Julesz, 1981). Subsequently, he postulated a link between textons and filter banks (Julesz and Bergen, 1983). It should be noted that this concept is designed for binary textures.

For grey-scale images, (Leung and Malik, 1999) defined texture as entities which have spatially repeated properties. When a texture is filtered, one could expect that some pixels have similar filter responses. They suggested that there should be several distinct filter response vectors to represent a texture. They proposed the cluster centers of the filter responses as the textons.

1.3. Texton Generation

The aim of the work in this stage is to obtain textons which represent each mammographic building blocks, especially for linear, nodular, and homogeneous patterns. Schematic diagram of texton generation can be seen in Figure 3.

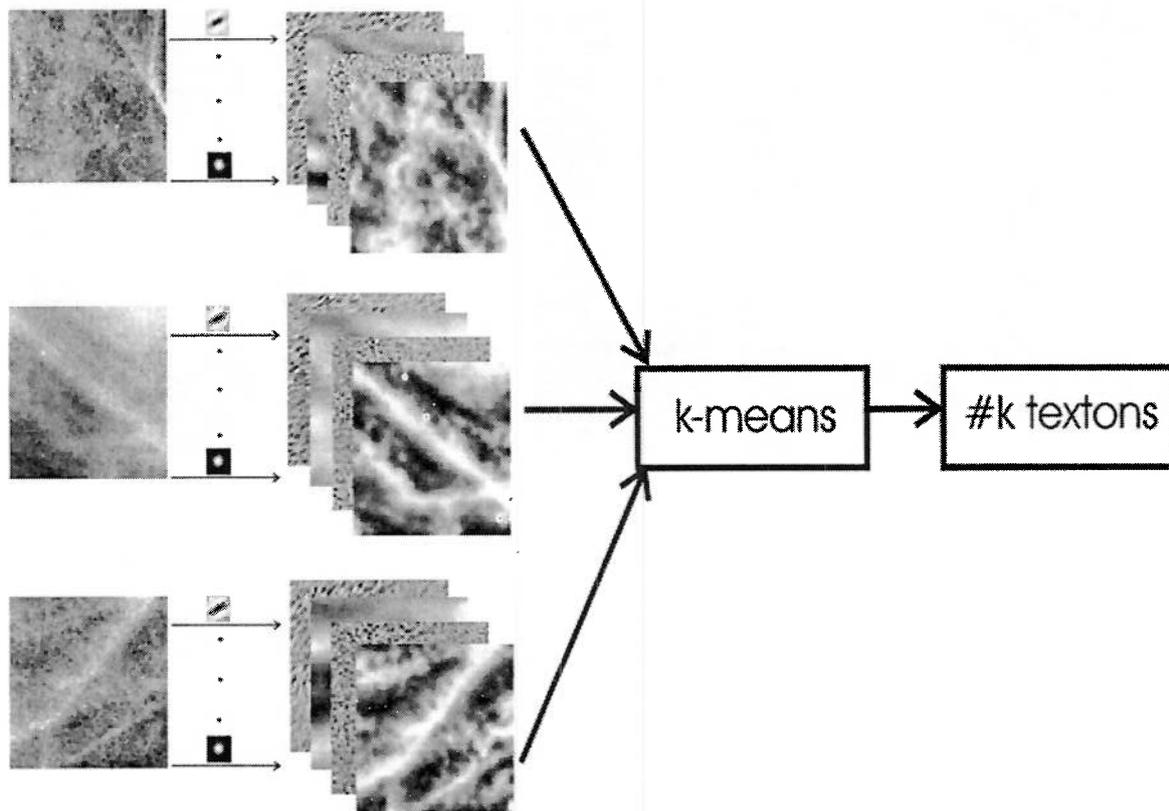


Figure 3. Learning stage I of the Varma and Zisserman (VZ) algorithm.

On the left a column of image patches is shown, which are filtered by 56 filters (second column) resulting in a set of filter-response images (third column). The 56 filter-response images are used to populated a 56 dimensional feature space and k-means is used to obtain cluster centres which are the resulting textons.

We adopted Learning stage I of the VZ algorithm (Varma, 2004) to achieve this purpose, which is summarised as:

- For each group of texture images (in our case is the mammographic nodular,

linear, or homogeneous patches) every normalised image (according to Equation 1) was convolved with 56 normalised filters, see Figure 4;

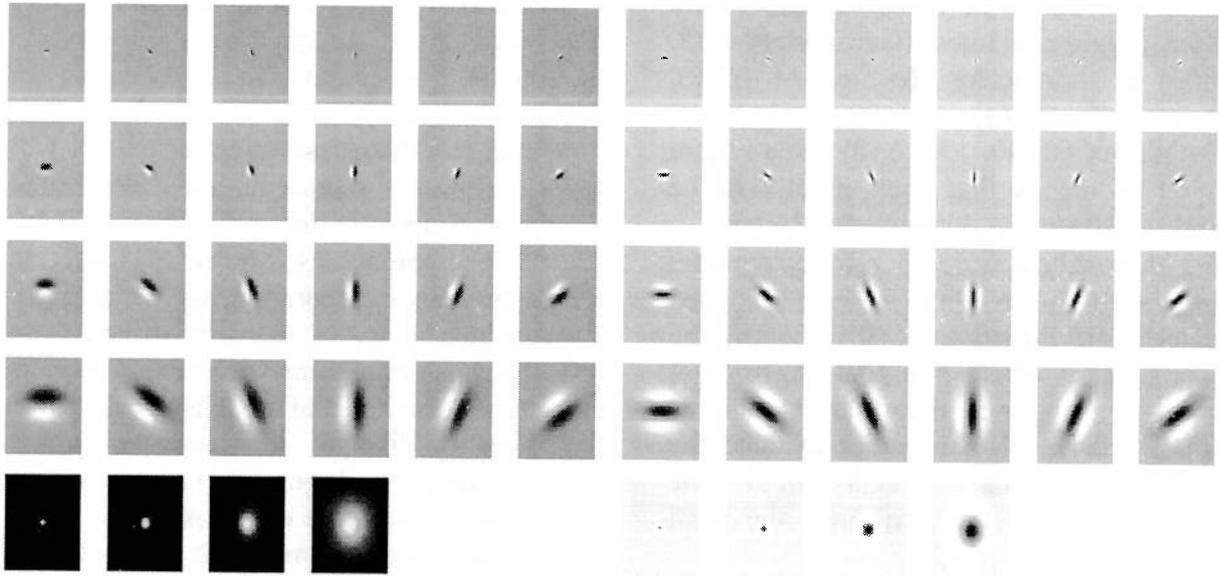


Figure 4. Filters bank used.

$$\begin{aligned}
 n &\leftarrow M \times N \\
 \mu_I &\leftarrow \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x,y)}{n} \\
 \sigma_I &\leftarrow \sqrt{\frac{\sum^n I^2(x,y) - 2\mu_I \sum^n I(x,y) + \mu_I^2 n}{n-1}} \\
 \bar{I}(x,y) &\leftarrow (I(x,y) - \mu_I) / \sigma_I
 \end{aligned} \quad (1)$$

where:

M : the height of a two-dimensional image I

N : the width of a two-dimensional image I

I(x,y): a pixel (intensity) value of a two-dimensional image I in a position of (x,y)

$\bar{I}(x,y)$: a normalised pixel value in a position of (x,y)

- The filters are normalised using Equation 2.

$$\begin{aligned}
 \bar{F}_i &\leftarrow F_i - \mu_{F_i} \quad i \in \{1 \dots 56\} \\
 \bar{F}_i &\leftarrow \bar{F}_i / \|\bar{F}_i\|_1
 \end{aligned} \quad (2)$$

- The resultant filter responses were normalised (to tackle any contrast variation) using Equation 3 (Leung and malik, 1999, Varma and Zisserman, 2005);

$$\begin{aligned}
 L(x) &\leftarrow \|f(x)\|_2 \quad \text{for each } x \in \{(x,y)\} \\
 \bar{f}(x) &\leftarrow f(x) [\log(1 + L(x)/0.03)] / L(x)
 \end{aligned} \quad (3)$$

- The normalised filter responses are aggregated and clustered into textons using the K-means algorithms. It should be noted that a texton will also be in a 56 dimensional vector. We used 25 cluster centers as the number of initial textons, $K=25$ is randomly chosen.

When designing the filter banks, the characteristic of the building blocks must be taken into account. It is desirable that the filter banks incorporate various structures (blobs and lines) and scales (various thickness). As the ideal filters bank for mammograms is currently unknown, 56 filters were used. It is expected that the number of filters used

(i.e. 56) covers wide-range of textures which vary in sizes and orientations. The filters consisted of iso-tropic Gaussian and Laplace of Gaussian filters at four scales ($\sigma = \{1, 2, 4, 8\}$), and of first- and second-order derivatives of Gaussian-anisotropic filters (edges and lines) (Geusebroek et al, 2003) at four scales ($(\sigma_x, \sigma_y) = \{(1,2), (2,4), (4, 8), (8,16)\}$) and six orientations ($\theta = \{0, 30, 60, 90, 120, 150\}$), see Figure 4. This means that each pixel will be represented as a 56 dimensional vector.

These filters were 63×63 of window size, zero mean and L_1 normalised according to Equation 2. In designing the filter size, it considered that Equation 4 implicitly suggested the filters should be equally sized. Also, in order to have the shape of the Laplace of Gaussian at scale $((\sigma_x, \sigma_y) = (8,16))$ not truncated, the ideal window size is 63×63 .

In this paper, texton-based features on Tabár 's mammographic building blocks would be investigated. The performance of these features for segmentation on mammographic images is also evaluated. Subsequently, the segmentation results are used to estimate the mammographic risk, particularly for the Tabár 's Risk metric (Tabár et al. 2005)

The remainder of this paper is outlined as follows: features selection methodology, data and evaluation methodology are described in Section II. Section III gives results of the proposed method and a discussion on our findings. Finally, conclusions appear in Section IV.

2. METHODS AND DATA

2.1. Texton Selection

Once textons are generated, it is quite hard to tell which texton belongs to which building block. Thus, a probability map $V_i(x,y)$, which is defined as in Equation 4, is used to visualise the segmentation result of a given texton T_i . In Equation 4, $I(x,y)$ represents the 56 dimensional filter responses of an image pixel at position (x,y) .

$$V_i(x,y) = 1 - \left(\frac{|I(x,y) - T_i|}{\sum_{k=1}^{25} \sqrt{[I(x,y) - T_k]^2}} \right) \quad (4)$$

It is plausible to assume that textons will capture either the meaningful texture primitives or noisy pixels. So, texton reduction/ selection can be seen as an essential and potentially beneficial step. We expect that these selected textons will be robust representation of each mammographic building blocks.

The approach used for texton selection has two distinct components which have been combined. In the first instance, an Euclidean minimum spanning tree is obtained for a set of textons. Such a tree indicates likely topological correct connectivity in high dimensional spaces (as long as the space is not sparsely

Subsequently, probability maps (using Equation 4) of representative image patches are used as the nodes of the tree. See Figure 8 for an example of such a minimum spanning tree for all textons. It is possible to obtain such a tree representation for various sets of textons. For the overall texton selection the minimum spanning trees for linear nodular, homogeneous, and radiolucent textons were compared in individual trees, but in addition combined trees were used.

Distinct textons tend to be situated towards the outer edges of the tree, while common texture/intensity aspects tend to be modelled by textons in the central part of the tree. It should be noted that the currently used display approach (see Figure 8) does use a fixed distance between the nodes, but in practise the distance can vary by almost an order of magnitude (especially for the trees that combine various texton sets). The visual aspects and distinctiveness of the textons are taken into account to determine a set of textons that will be distinctive in describing the various Tabár mammographic building blocks.

2.2. Data

A breast screening expert radiologist subsampled images to provide patches of linear, nodular, homogeneous, and radiolucent textures of the MIAS database (Suckling et al 1994). The collection of 253 linear, 199 nodular, 70 homogeneous, and 121 radiolucent patches were obtained (see Figure 1 for examples). It should be noted that the patches cover various breast density groups, so we normalised them to zero mean and unit variance (using Equation 1).

2.3. Evaluation

Once texton represented each building blocks are selected, they can be used for automatically segment the breast area with respect to the Tabár building blocks. The proportion of segmented area can be calculated using N_i/N_{BA} , where N_i is the number of pixels which similar to a texton and N_{BA} is the number of pixels within the breast area. The breast area segmentation

are acquired using the tool which was developed in (Muhimmah *et al* 2004). Accordingly, these proportions can be used to estimate the mammographic risk according to the Tabár Mammographic Risk Patterns (see Section 1.1).

The automatic-texton-based segmentation is done for 321 images of the MIAS database (Suckling et al, 1994). The performance of the automatic segmentation is evaluated against the expert radiologist ratings using Tabár Mammographic Risk metric (Muhimmah, 2007 Chapter 3).

3. RESULTS

Examples of probability maps of linear, nodular, and homogeneous textons can be seen in Figures 5 - 8, respectively. These results provide visual evidence as expected. There are textons which map designated structures at various scales, but also there are textons that map background pixels. From these, we can see clearly that texton can be used for segmentation.

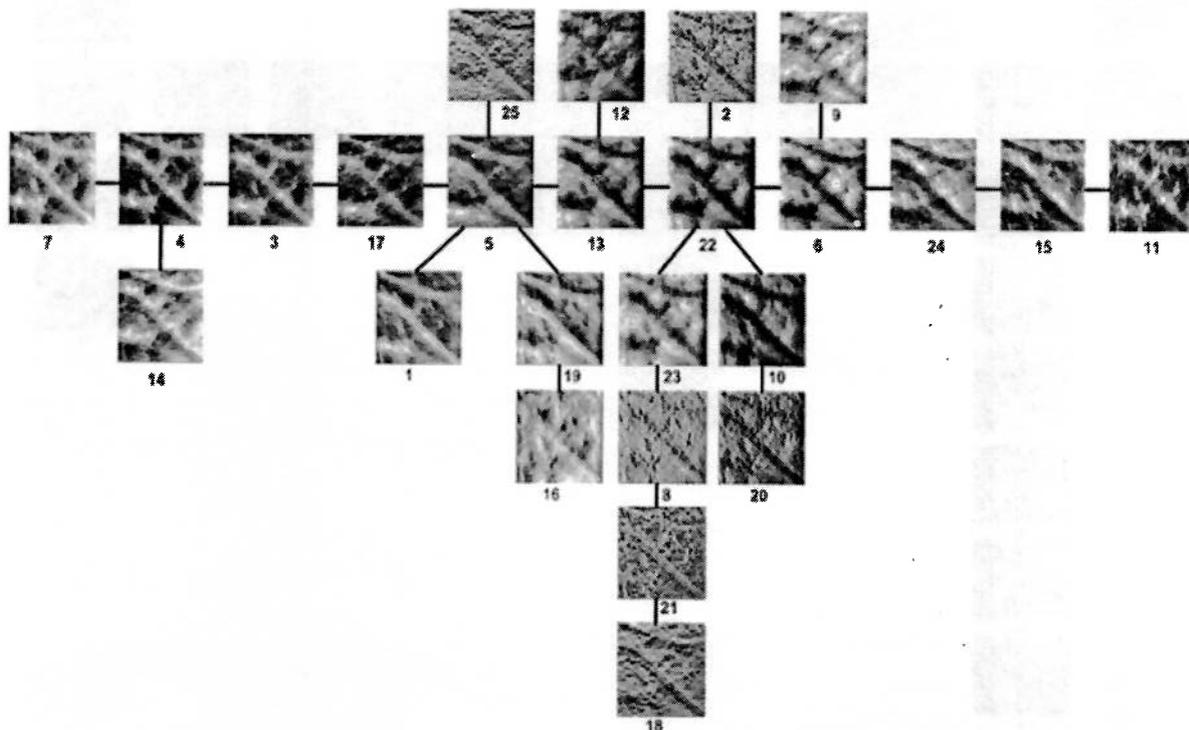


Figure 5. Texton channels of a linear patch example.

The texton channels are clustered according to their minimum spanning tree. All images are rescaled for display convenience.

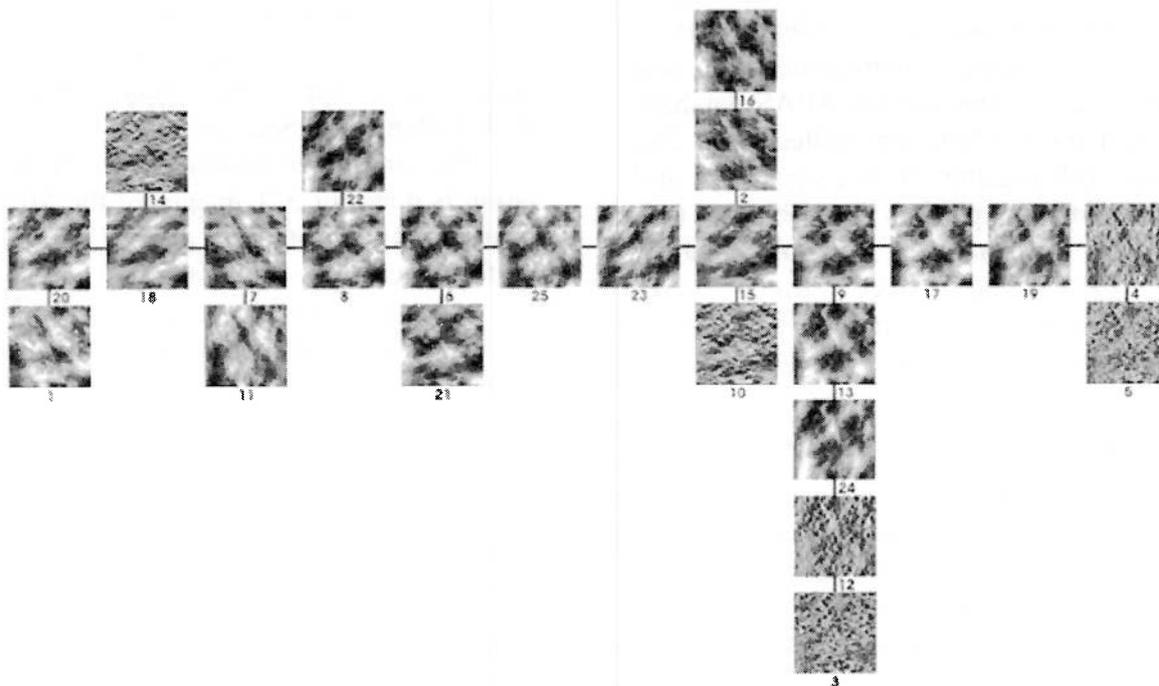


Figure 6. Texton channels of a nodular patch example. The texton channels are clustered according to their minimum spanning tree. All images are rescaled for display convenience.

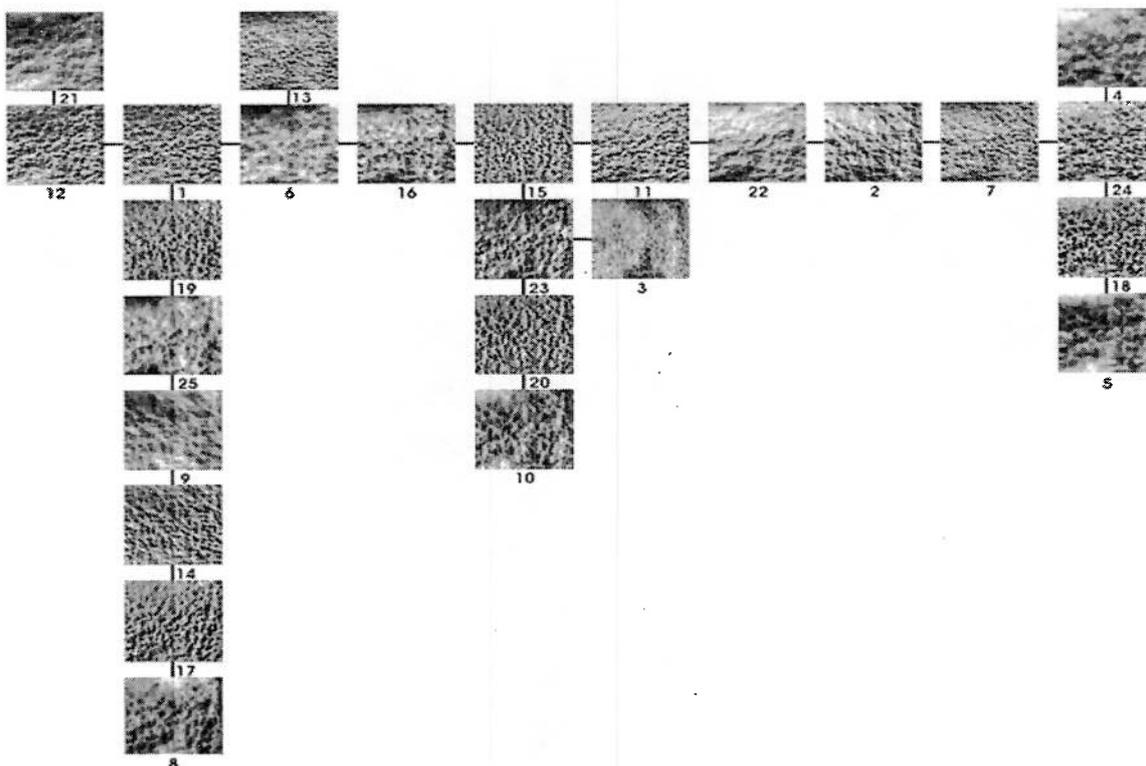


Figure 7. Texton channels of a homogenous patch example. The texton channels are clustered according to their minimum spanning tree. All images are rescaled for display convenience.

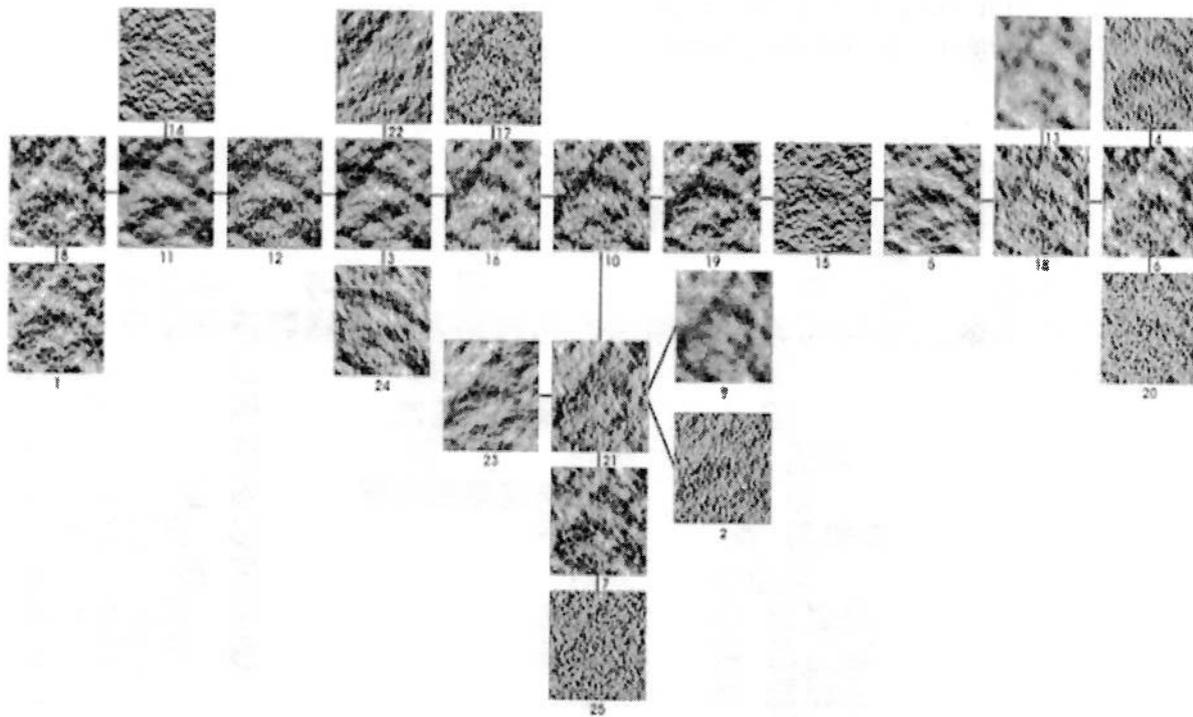


Figure 8. Texton channels of a radiolucent patch example.

The texton channels are clustered according to their minimum spanning tree. All images are rescaled for display convenience.

As for linear patches, see Figure 5, 50 textons were produced from two sets of the linear patches (no overlap between these two groups). The textons number 1, 4, 14, 19 and 23 are likely to be good candidate textons for linear structure segmentation. From Figure 6, the textons number 4, 16, 21, 22, 23, and 25 seems to represent nodular structures. Whereas from Figure 7, the textons number 6, 12, 26, and 19 show potential for homogeneous segmentation.

The minimum spanning tree produced from the combined set of all textons, 200 in total, can be found in Figure 9. This result provides visual confirmation of our expectations. Selective textons map specific mammographic structures at various scales, while other textons seem to represent background texture information. Based on this it is plausible that such textons can be used for segmentation purposes. Based on distinctiveness and visual evaluation of the minimum spanning tree results eight textons were selected to represent Tabár's mammographic building blocks. With respect to Figure 9, these are

textons L7 and BEL23 (linear), N6 and BEN6 (nodular), H13 and L9 (homogeneous), and F12 and BEL4 (radiolucent).

4. DISCUSSION

Resulting segmentation on a pair of mammographic images can be found in Figure 10. It should be clear that the most distinct linear structures (largest width) have been segmented as linear structures. However, this does not seem to be the case for smaller linear structures. Nodular structures have been realistically modelled.

The distinction between the homogeneous and radiolucent segmentations are minimal, although the latter seems to pick up on smaller scale, less linear aspects. It should be noted that the breast-edge area seems to be segmented into different classes. A simple explanation for this is that this slight slope in greylevel values is not properly modelled as it is unlikely that any of the patches that were used for training fall in this class and hence it might be appropriate

to include a fifth class in the future to represent this region in mammographic images.

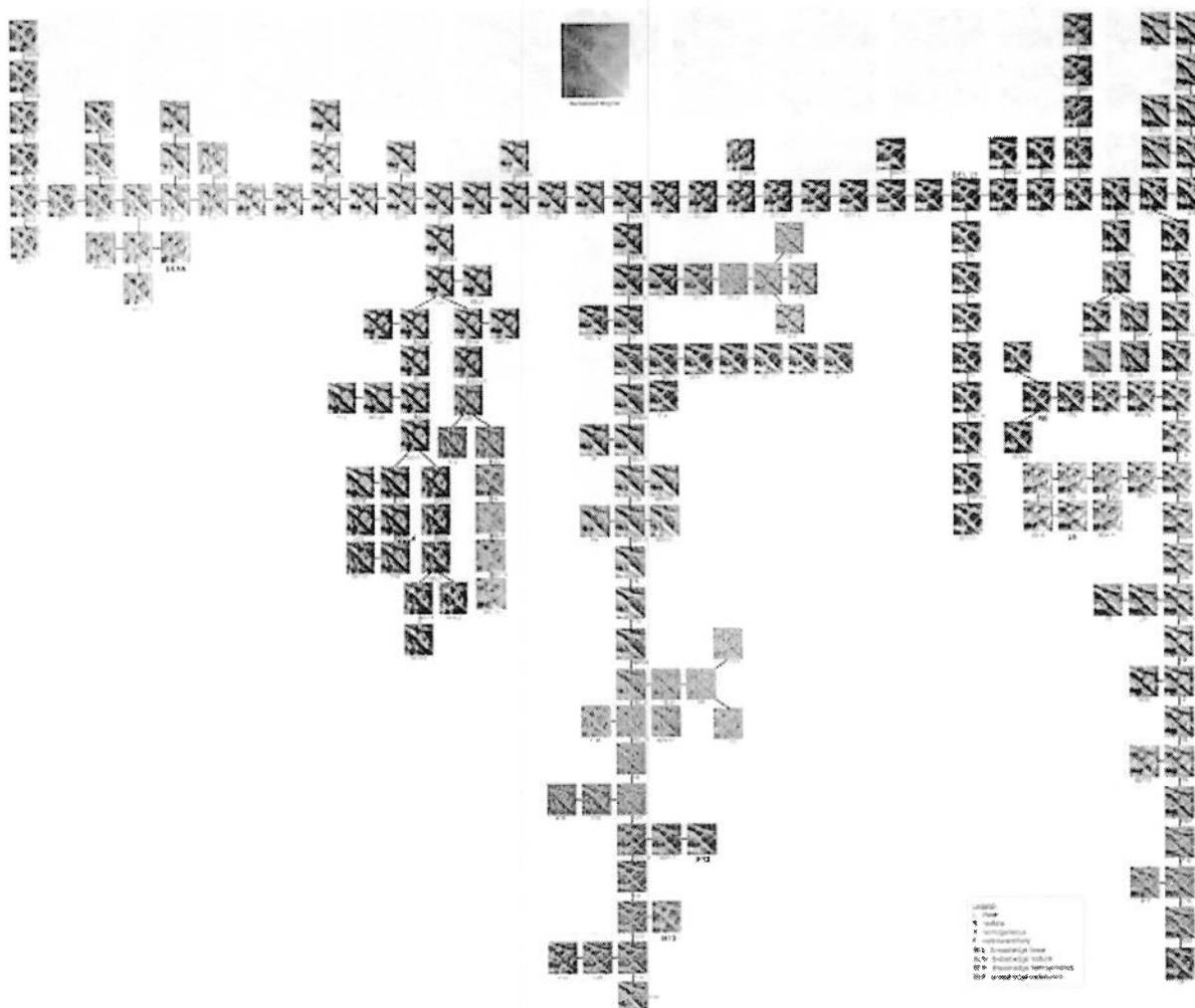


Figure 9. Probability maps of 200 textons of all trained textures.

Bold labels indicate textons which were selected for segmentation (please refer to the electronic version for better view of this figure). The probability maps are clustered according to a minimum spanning tree.

There are several aspects to note. 1) There is a clear overlap between the segmentation results, especially when considering the linear and nodular texton based results, which both seem to detect high intensity aspects, 2) the homogeneous texton does represent homogeneous background tissue within the image, and 3) there are subtle differences between the linear and nodular texton results. Clearly, the presented results can be dependent by the choice of filter-bank that was used. One aspect of our future work

will concentrate on the effect of the choice of filters. Secondly, the segmentation approach will be applied to a large mammographic dataset and the relative proportion of the four classes will provide the input for a Tabar mammographic risk assessment model.

It should be noted that this is, to our knowledge, the first attempt at providing automatic segmentation of mammographic images according to the Tabar mammographic tissue building block model. There have been several

approaches to the segmentation of dense regions in mammographic images (Oliver et al 2006; Ferrari 2004), where some of these are based on texton information (Petroudi and Brady, 2006; Gong et al. 200). (Petroudi and Brady, 2006) had reported the textons in Hidden Markov Random Field for three categories of density segmentation and pointed out that textons based on a set segmentations by the radiologist would lead to concise segmentations. An attempt to link between textons classification and Wolfe's risk assessment had also been reported by Gong et al. 2006.

5. CONCLUSION

In conclusion, initial results of texton driven segmentation of mammographic images is presented. The texton selection step follows Tabár's mammographic tissue building block model and uses visual and minimum spanning tree topological information. The initial segmentation results are promising, but at the same time have indicated areas of future work. Segmentation results as described can form the basis for an automatic Tabár mammographic risk assessment system.

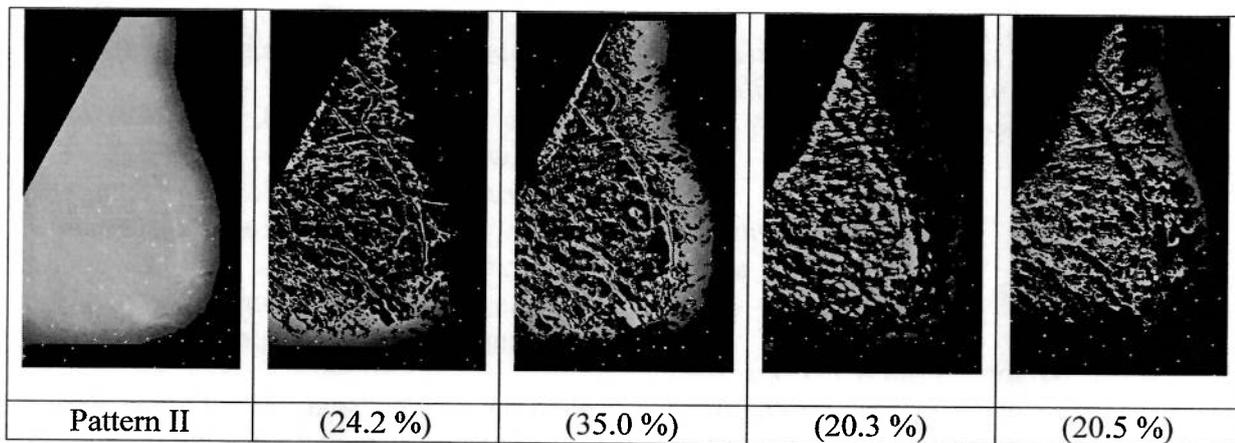


Figure 10. Example of texton-based segmentation results.

Left image show the original image, with background and pectoral muscles removed, Pattern II of Tabár Five Patterns (low risk case). The second to fifth columns represent segmentation results in the following order: nodular, linear, homogenous, and radiolucent of its first column image. Within brackets are the proportion of the texton-based segmented areas.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported in part by the Islamic Development Bank under the IDB Merit Scholarship and Universitas Islam Indonesia Studentship. Thanks to Dr. Erika Denton of Norwich and Norfolk University Hospital, England who generously provides the MIAS mammographic ratings in Tabár's Risk metric and subsampled patches used in the textons generation stage.

BIBLIOGRAPHY

- Barrett HH and Swindell W. (1981) *Radiological Imaging: The Theory of Image Formation, Detection, and Processing*, volume 1. Academic Press.
- Ferrari R, Rangayyan R, Borges R, and Frere A. (2004) *Segmentation of the fibro-glandular disc in mammograms via gaussian mixture modelling*. Med. and Biol. Eng. and Comp., 42: 378–387.

- Geusebroek JM, Smeulders AWM, and van de Weijer J. (2003) *Fast anisotropic gauss filtering*. IEEE Transactions on Image Processing, 12(8): 938--943, August.
- Gong YC, Brady M, and Petroudi S. (2006) *Texture based mammogram classification and segmentation*. In S. Astley, M. Brady, C. Rose, and R. Zwiggelaaar, editors, LNCS 4046 Digital Mammography, pages 616--625. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Jones DG and Malik J. (1992) *A computational framework for determining stereo correspondence from a set of linear spatial filters*. Image and Vision Computing, 10(10): 699--708.
- Julesz B (1981) *Textons, the elements of texture perception, and their interactions*. Nature, 290(12): 91--97.
- Julesz B and Bergen J. (1983) *Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perception of textures*. Bell Systems Technical Journal, 62 (6): 1619--1645.
- Julesz B, Gilbert E, Shepp L, and Frisch H. (1973) *Inability of humans to discriminate between visual textures that agree in second-order statistics - revisited* Perception, 2(4) :391--405.
- Leung T and Malik J (1999) *Recognizing surfaces using three-dimensional textons* Proceeding of International Conference Computer Vision, pages 1010--1017.
- Muhimmah I, Blot L, Denton ERE, Wivell G, and Zwiggelaaar R. (2004). *Comparing 2D and 3D Density Estimation Techniques*, in 7th International Workshop on Digital mammography, E.Pisano (editor) pp. 436-441. University of North Carolina, Chappel hill, NC, 18-21 June 2004, US.
- Muhimmah I, Oliver A, Denton ERE, Pont J, Pérez E, and Zwiggelaaar R. (2006). *Comparison between Wolfe, Boyd, BI-RADS and Tabár based mammographic risk assessment*, in LNCS 4046 Digital Mammography, S. Astley, M. Brady, C. Rose, and R. Zwiggelaaar, Eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 407--415.
- Muhimmah I. (2007) *Mammographic Risk Assessment: An investigation into expert observers, grey-level and texture representation*. Thesis. Aberystwyth University, Wales, UK.
- Oliver A, Freixenet J, Martí R, and Zwiggelaaar R. (2006) *A comparison of breast tissue classification techniques*. International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention LNCS 4191, pages 872--879, October.
- Petroudi S and Brady M. (2006) *Breast density segmentation using texture*. In S. Astley, M. Brady, C. Rose, and R. Zwiggelaaar, editors, LNCS 4046 Digital Mammography, pages 609--615. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Suckling J, Parker J, Dance D, Astley S, Hutt I, Boggis C, Ricketts I, Stamatakis E, Cerneaz N, Kok S, Taylor P, Betal D, and Savage J. (1994) *The mammographic image analysis society digital mammogram database*. Excerpta Medica. International Congress Series, vol. 1069, pp. 375--378.
- Tabár L, Tot T, and Dean PB. (2005). *Breast Cancer: The Art and Science of Early Detection with Mammography*. Georg Thieme Verlag.

Varma M. (2004) *Statistical Approaches to Texture Classification*. Thesis. University of Oxford, UK.

Varma M and Zisserman A. (2005) *A statistical approach to texture classification from single images*. International Journal of Computer Vision: Special Issue on Texture Analysis and Synthesis, 62 pp. 61--81, April.

PENGARUH SUMBER STRES ORGANISASI TERHADAP PRESTASI KERJA KARYAWAN (Studi Kasus pada Operator PT. X Bandung)

Nashrullah Setiawan

*Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta
E-mail: wawan.st_01@yahoo.co.id*

ABSTRACT

The competition of business in the industrial world encourages companies to increase their job performance by the whole of potential resources effectively and efficiently. Human resources have dynamic capability for development of industrial organization. As competition increase, technological development move faster than the capability of human resources. Its can make some stress for workers. If the employee work with high stress that can be not controlled, It becomes negative impacts to human being. The objective of the research is to analyze the correlation and influence between organizational stressor to job performance at the operator level in manufacturing industry. The research model was tested by path analysis. The results show that there are significant correlation at the level of 0.01 between organizational stressors to job performance.

Keywords : Organizational Stressor, Job Performance, Work Stress

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Dalam era globalisasi, dunia industri mengalami kemajuan yang sangat cepat dalam bidang manajemen, teknologi dan komunikasi. Hal ini menimbulkan persaingan bisnis yang ketat dan mendorong perusahaan-perusahaan manufaktur untuk meningkatkan kualitas kerja dengan menggunakan segala potensi seperti bahan baku, teknologi dan manusia.

Kemajuan tersebut menimbulkan dampak baik secara positif maupun negatif. Dari sisi positif, akan berdampak pada inovasi produk dan proses. Namun dari sisi negatif, kemajuan teknologi dan komunikasi yang cepat tidak diimbangi dengan peningkatan kemampuan tenaga kerja manusia untuk memenuhi tuntutan kondisi yang telah diciptakan dan untuk memenuhi tuntutan waktu.

Fraser (1992) menyatakan: "Dari literatur yang ada dikatakan bahwa dari penemuan-penemuan eksperimen laboratoris, pengamatan di lapangan dan

penyelidikan epidemiologis secara besar-besaran, terdapat suatu petunjuk yang memberi kesan, meskipun belum terbukti secara eksak, bahwa ada hubungan sebab akibat antara stres kerja, ketidakpuasan, prestasi kerja serta gangguan psikosomatis yang diakibatkannya. Hubungannya tidak dapat dikatakan sederhana, karena terliput didalamnya kecenderungan genetik dan faktor-faktor kepribadian dari masing-masing individu yang bersangkutan, baik stres yang mengandung unsur lingkungan fisik maupun psikososial".

Penurunan prestasi kerja yang ditandai dengan kurangnya sikap disiplin, ketidakhadiran dalam bekerja, hubungan antar pekerja yang kurang harmonis, motivasi dan semangat kerja yang kurang, tingkat kesalahan kerja dan *turn over* karyawan yang tinggi menunjukkan adanya ketidaknyamanan dalam bekerja. Hal ini dapat terjadi akibat adanya tekanan yang muncul dalam berbagai bentuk seperti: ketidaksuaian antara beban kerja dan gaji, adanya konflik individu maupun kelompok, kebijakan pimpinan yang

kurang mengakomodasi tuntutan pekerja, sikap pimpinan yang otoriter, adanya kesenjangan antara perubahan teknologi dan kemampuan penyesuaian dalam penggunaan teknologi dan lain-lain.

Beberapa contoh di atas merupakan bentuk dari sumber tekanan atau *stressor* dalam organisasi. Oleh karena itu, suatu organisasi perlu mengevaluasi secara berkesinambungan mengenai dampak negatif yang muncul akibat adanya tekanan tersebut (*distress*) dan mengembangkan kemampuan mengelola sumber tekanan tersebut agar dapat menjadi kekuatan inovasi dan pengembangan organisasi (*eustress*). Dengan mengendalikan sumber-sumber stres kerja (*stressor*) maka akan meningkatkan prestasi kerja (*eustress*) dan meminimalisasi penurunan prestasi kerja (*distress*) (Selye, 1976).

Pada penelitian ini, yang menjadi objek penelitian adalah PT. X sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan sarana transportasi. Perusahaan ini merupakan aset bangsa yang belum dijadikan sumber investasi utama.

Bahkan yang muncul adalah sorotan negatif mengenai kinerja dan ketidakpuasan kerja yang menjadi indikator adanya keinginan karyawan yang belum terpenuhi. Bertitik tolak dari permasalahan ini, maka perlu kiranya dilakukan penelitian untuk mengetahui sumber-sumber stres atau tekanan organisasi sehingga dapat meningkatkan kinerja karyawan perusahaan.

b. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya, permasalahan stres merupakan persoalan yang sangat penting mendapatkan perhatian. Karena hal ini berkaitan dengan prestasi kerja baik ditinjau dari skala individu karyawan maupun organisasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh sumber-sumber stres (*stressor*) dalam skala organisasi terhadap prestasi kerja karyawan.

c. Tujuan Penelitian

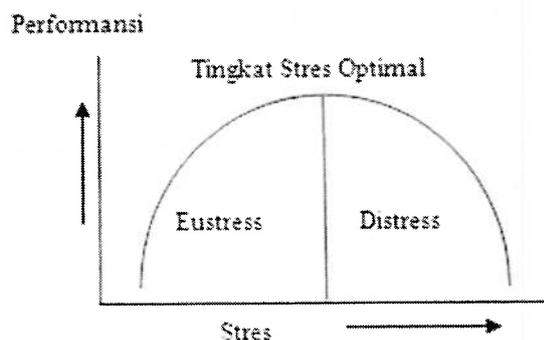
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara *stressor* organisasi terhadap prestasi kerja karyawan operator pada PT. X Bandung.

d. Studi Pustaka

Penelitian tentang stres kerja telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu. Pengkajian dilakukan dari berbagai aspek, seperti: dampak stres kerja terhadap kinerja dan kesehatan (Zafir dan Fazilah, 2006), sumber-sumber stres baik skala individu hingga organisasi (Douglas dan Dugger, 2000) serta aspek psikologi manusia seperti tipe kepribadian (Raza, 2007) dan lain-lain. Fay dan Sonnentag (2002) meneliti tentang hubungan antara *stressor* terhadap *personal inisiatif*. Mc Vicar. A. (2003) meneliti stres kerja dalam dunia keperawatan. Beberapa penelitian lain mengenai faktor penyebab stres kerja pada pegawai perpustakaan (Zahara dan Syahfitri, 2008), operasional kerja kepolisian (Taylor dan Benner, 2006).

Pada dasarnya hubungan antara stres kerja dengan prestasi kerja telah dijelaskan oleh hukum Yerkes-Dodson (Yerkes-Dodson Law), yang dikeluarkan pertama kali pada tahun 1908 (Zafir dan Fazilah, 2006). Yerkes-Dodson menggambarkan jumlah stres yang terus meningkat dan berpengaruh terhadap prestasi kerja (gambar 1).

Gambar 1 menjelaskan adanya kondisi stres yang bersifat positif (*eustress*) seperti munculnya tantangan, rangsangan untuk tumbuh dan berhasil dalam kehidupan. Adapun *distress* akan berdampak negatif seperti timbulnya kerusakan bila melewati batas optimalnya.



Gambar 1. Yerkes-Dodson Law Hubungan Stres dan Performansi

Permasalahan hubungan antara stres kerja dan prestasi kerja menjadi berkembang seiring dengan adanya kemajuan di segala bidang kehidupan manusia, seperti teknologi. Dengan berkembangnya faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan tersebut, maka banyak peneliti melakukan berbagai macam pendekatan (model penelitian) dalam pemecahannya baik dari segi konsep maupun metodologinya. Hal ini disesuaikan pula dengan objek dan tujuan penelitian maupun kasus yang terjadi di lapangan. Dalam kajian ini, peneliti merumuskan variabel penelitian dari aspek hubungan antara sumber-sumber stres (*stressor*) skala organisasi terhadap prestasi kerja dalam industri manufaktur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh antara sumber stres organisasi terhadap prestasi kerja. Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tahap 1: Identifikasi Masalah

Peneliti mengidentifikasi permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini, kemudian merumuskan tujuan penelitian, melakukan observasi lapangan untuk mengetahui objek penelitian, melakukan studi pustaka untuk mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian, dan menentukan variabel-variabel yang menjadi indikator dalam penelitian.

Tahap 2 : Pembuatan Model Konseptual Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka model konseptual dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2. Model Konseptual Penelitian

Pengujian model dilakukan dengan menggunakan analisis jalur (*path analysis*) dengan bantuan SPSS 16.0 (Duwi, P, 2009)

Tahap 3 :Identifikasi Variabel Penelitian

Berdasarkan temuan-temuan para ahli (Ivancevich dan Matteson, 1980; Luthans, 1989; Robbins, 1993), *stressor* organisasi dapat diidentifikasi menjadi beberapa variabel sebagai berikut :

Variabel Iklim Organisasi (X1)

Dalam suatu organisasi perbedaan tidak hanya terjadi pada struktur fisik, tetapi juga pada sikap dan perilaku pekerjaannya. Interaksi dimana individu, struktur, kebijaksanaan, dan tujuan organisasi secara umum disebut sebagai iklim organisasi. Istilah iklim disini menggambarkan perbedaan karakteristik untuk satu organisasi dengan organisasi lain. Iklim organisasi ini dapat dikatakan sebagai karakter atau kepribadian dari organisasi yang bersangkutan. Iklim dapat mempengaruhi tingkah laku diantara individu-individu atau diantara kelompok-

kelompok dan juga interaksi diantara mereka.

Variabel Struktur Organisasi (X2)

Stres ditimbulkan oleh bentuk struktur organisasi yang berlaku di perusahaan yang bersangkutan. Posisi individu dalam struktur organisasi juga dapat menggambarkan bagaimana stres dialami. Berdasarkan beberapa penelitian ditemukan bahwa stres yang tinggi terdapat pada manajer tingkat menengah dan bawah serta pada tingkat operator, dimana mereka memiliki sedikit wewenang atau kendali terhadap pekerjaannya.

Variabel Teritori Organisasi (X3)

Teritori organisasi adalah istilah untuk menggambarkan ruang pribadi (*personal space*) atau arena kegiatan seseorang, tempat di mana mereka bekerja, berpikir dan bergurau. Setiap orang mengembangkan rasa memiliki terhadap ruang pribadi mereka (antara lain terhadap departemen, ruang kerja, meja kerja, dan lain-lain). Teritori organisasi berkaitan dengan bagian-bagian organisasi yang dirasakan akrab. Departemen, ruang kerja, meja kerja dan arus pekerjaan disarankan sebagai wilayah yang akrab bagi seseorang, dan di luar wilayah tersebut dianggap sebagai wilayah asing. Kecuali jika seseorang mencari wilayah lain untuk menghindari stres yang bersumber dari wilayahnya. Sehubungan dengan teritori organisasi ini, menunjukkan bahwa perubahan pada pola keakraban dapat sebagai pemicu bagi timbulnya stres pada diri seseorang.

Variabel Teknologi (X4)

Yang dimaksud dengan teknologi disini adalah cara-cara organisasi untuk mengubah sumber-sumber atau *input* menjadi *output* yang diinginkan. Sumber yang dipakai dapat melalui individu di dalam organisasi melalui peralatan yang tersedia. Keterbatasan teknologi dapat merusak sumber 'stres yang potensial.

Variabel Pengaruh Pimpinan (X5)

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas pekerjaan, iklim dan kekompakan kelompok adalah pimpinannya. Seringkali pimpinan memiliki pengaruh yang lebih kuat dibandingkan aspek-aspek lain dalam pekerjaan. Pengaruh ini antara lain bersumber pada tingkat kewenangan serta kekuasaannya.

Variabel Kekurangkompakan (X6)

Kohesivitas memiliki arti kebersamaan atau kekompakan. Kedekatan antar anggota kelompok dan kecenderungan mereka untuk bersatu disebut sebagai "kekompakan". Kekompakan dalam kelompok dapat menjadi *stressor* negatif dan positif. Jika kekompakan dinilai sebagai sesuatu yang berharga oleh anggota, maka kekurangkompakan dapat menyebabkan rendahnya moral kerja, buruknya tampilan kerja serta perubahan secara fisiologis seperti meningkatnya tekanan darah.

Variabel Dukungan Kelompok (X7)

Efek dari stimulus *stressor* pada seorang karyawan dapat dikurangi jika antara sesama anggota kelompok saling membagi. Dukungan yang dimaksud disini ialah dukungan dari sesama anggota kelompok, misalnya dengan saling membagi masalah. Setiap orang membutuhkan orang lain untuk mengevaluasi reaksi emosional mereka, demikian pula pada orang lain pada keadaan yang sama akan memberikan informasi tentang respon yang sesuai. Dukungan kelompok dapat dipandang sebagai sumber yang dapat membantu seseorang dalam menghadapi stres. Seseorang yang membutuhkan bantuan emosional, dukungan kelompok ini dapat mengurangi stres.

Prestasi Kerja

Schermerhorn, et.al. (1994) mendefinisikan prestasi kerja sebagai ukuran kuantitatif dan kualitatif dari kontribusi tugas yang dilakukan oleh

seseorang atau kelompok dalam unit kerja atau organisasi. Dalam penelitian ini pengukuran prestasi kerja dilihat dari 4 aspek, yaitu konformitas (sikap dalam menghadapi tuntutan dan aturan perusahaan), performansi (hasil kerja karyawan), unjuk kerja umum (promosi yang diberikan pihak manajemen perusahaan), dan dependabilitas (sikap dan perilaku karyawan dalam keseharian). yang disadur dari *Minnesota Satisfactoriness Scales* (Ivancevich, et.al. 1980).

Tahap 4: Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran kuesioner. Setiap pernyataan dalam kuesioner, diukur dengan menggunakan skala *likert* lima skala (1=Sangat tidak setuju, 2=Setuju, 3=Ragu-ragu, 4=Tidak setuju dan 5=Sangat setuju). Penelitian ini dilakukan di PT. X. Perusahaan yang terletak di wilayah Bandung ini termasuk industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan sarana transportasi. Sampel yang diambil adalah para operator pada divisi produksi yang berjumlah 150 responden dari populasi sebanyak 700 karyawan. Dari 150 kuesioner yang disebar, terdapat 124 kuesioner yang kembali dan dapat diolah datanya. Tahap pengolahan data, diawali dengan uji validitas dan reliabilitas untuk mengetahui sejauh mana keandalan alat ukur yang digunakan sehingga diperoleh hasil penelitian yang konsisten. Kemudian dilanjutkan dengan menguji model penelitian dengan menggunakan metode Analisis Jalur dengan bantuan *SPSS 16.0*.

Tahap 5: Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini, dilakukan pembahasan mengenai hasil uji validitas dan reliabilitas serta analisis hubungan dan pengaruh antara sumber stres organisasi terhadap prestasi kerja dengan analisis jalur.

Tahap 6: Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil analisis yang

dilakukan dan saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Uji Validitas dan Reliabilitas Data

Pengujian validitas yang dilakukan terhadap elemen-elemen ialah validitas isi dan konstruksi dengan teknik korelasi *product moment* melalui penggunaan program *excel* seperti persamaan berikut:

$$r = \frac{N\sum X_1X_2 - (\sum X_1)(\sum X_2)}{\sqrt{(N\sum X_1^2 - (\sum X_1)^2)(N\sum X_2^2 - (\sum X_2)^2)}} \quad (1)$$

dimana :

X1 = Skor butir-butir soal kuesioner

X2 = Skor total

N = Jumlah responden

Langkah berikutnya adalah menentukan r tabel berdasarkan tabel nilai-nilai kritis koefisien korelasi (*r*) *Product Momen* (pada lampiran) dengan menghitung derajat kebebasan (df) = jumlah responden-2. Dengan tingkat keberartian 5% jika $r_{hitung} > r_{tabel}$, maka item atau variabel tersebut valid. Jika r_{hitung} negatif, serta $r_{hitung} < r_{tabel}$, maka item atau variabel tersebut tidak valid (Riduwan, et.al. 2008).

Untuk menguji reliabilitas digunakan teknik konsistensi atau teknik *Alpha Cronbach* dengan rumusan yang digunakan seperti pada persamaan berikut:

$$r = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \quad (2)$$

dimana:

r = Koefisien reliabilitas yang dicari

k = Jumlah butir soal kuesioner

σ_i^2 = Varians butir-butir soal kuesioner

σ^2 = Varians skor kuesioner

Dengan menggunakan program *SPSS 16.0* diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Variabel Sumber Stres (*Stressor*) Organisasi

Variabel <i>Stressor</i>	Kode Item	r _{hitung}	r _{tabel}	Validitas	Alpha Cronbach (α)	Reliabilitas
Iklim Organisasi	X01	0.732	0.195	Valid	0.753	Reliabel
	X10	0.815	0.195	Valid		
	X11	0.725	0.195	Valid		
	X20	0.740	0.195	Valid		
Struktur Organisasi	X02	0.748	0.195	Valid	0.573	Cukup Reliabel
	X12	0.491	0.195	Valid		
	X16	0.668	0.195	Valid		
	X24	0.666	0.195	Valid		
Teritori Organisasi	X03	0.711	0.195	Valid	0.483	Kurang Reliabel
	X15	0.707	0.195	Valid		
	X22	0.677	0.195	Valid		
Teknologi	X04	0.669	0.195	Valid	0.507	Kurang Reliabel
	X14	0.670	0.195	Valid		
	X25	0.748	0.195	Valid		
Pengaruh Pimpinan	X05	0.793	0.195	Valid	0.810	Reliabel
	X06	0.825	0.195	Valid		
	X13	0.785	0.195	Valid		
	X17	0.723	0.195	Valid		
Kekurangkompakan Kelompok	X07	0.705	0.195	Valid	0.621	Reliabel
	X09	0.684	0.195	Valid		
	X18	0.736	0.195	Valid		
	X21	0.633	0.195	Valid		
Dukungan Kelompok	X08	0.773	0.195	Valid	0.628	Reliabel
	X19	0.747	0.195	Valid		
	X23	0.822	0.195	Valid		

Tabel 2. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Variabel Prestasi Kerja

Variabel Prestasi Kerja	Kode Item	r _{hitung}	r _{tabel}	Validitas	Alpha Cronbach (α)	Reliabilitas			
Konformitas	X02	0.437	0.195	Valid	0.588	Cukup Reliabel			
	X04	0.665	0.195	Valid					
	X05	0.626	0.195	Valid					
	X06	0.573	0.195	Valid					
	X07	0.322	0.195	Valid					
	X08	0.539	0.195	Valid					
	X09	0.430	0.195	Valid					
	X10	0.508	0.195	Valid					
	X11	0.527	0.195	Valid					
	Dependabilitas	X18	0.333	0.195			Valid	0.763	Reliabel
		X19	0.315	0.195			Valid		
X20		0.523	0.195	Valid					
X21		0.494	0.195	Valid					
X22		0.710	0.195	Valid					
X23		0.618	0.195	Valid					
X24		0.574	0.195	Valid					
X25		0.559	0.195	Valid					
X26		0.655	0.195	Valid					
X27		0.521	0.195	Valid					
Performansi	X12	0.929	0.195	Valid	0.779	Reliabel			
	X13	0.910	0.195	Valid					
Performansi Umum	X14	0.714	0.195	Valid	0.605	Reliabel			
	X15	0.819	0.195	Valid					
	X16	0.695	0.195	Valid					

Berdasarkan uji validitas dan reliabilitas, diperoleh hasil bahwa alat ukur yang digunakan adalah valid. Meskipun demikian, secara reliabilitas, ada beberapa variabel dari alat ukur yang kurang reliabel seperti teritori organisasi dan teknologi. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor teknis diantaranya kejujuran dan keseriusan responden dalam mengisi, pemahaman dari pertanyaan kuesioner, kondisi saat pengisian kuesioner yang diambil pada jam kantor, kuesioner tidak langsung diberikan oleh peneliti kepada responden, namun melalui atasannya.

b. Pengujian Model Konseptual dengan Path Analysis (Analisis Jalur)

Pengujian model konseptual dirumuskan dengan persamaan struktural diagram jalur sebagai berikut:

$$Y = PYX_1 + PYX_2 + PYX_3 + PYX_4 + PYX_5 + PYX_6 + PYX_7 + \epsilon$$

Berdasarkan persamaan tersebut dilakukan proses penghitungan regresi dan korelasi dengan bantuan SPSS 16.0.

c. Analisis Regresi

Pada analisis regresi, pengolahan dan pembahasan dibagi menjadi dua: pertama, melihat pengaruh secara gabungan dan kedua secara parsial.

Perhitungan dengan analisis regresi dilakukan dengan melakukan tiga pengujian yaitu:

d. Analisis Regresi Gabungan

Untuk mengetahui pengaruh *stressor* organisasi terhadap prestasi kerja secara gabungan, dilakukan uji koefisien determinasi. Hasil uji tersebut dapat dilihat melalui besarnya angka *R Square* dalam tabel berikut ini:

Tabel 3. Hasil Analisis Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.364 ^a	.132	.080	.40765

a. Predictors: (Constant), DK, SO, IO, TO, PP, KK, TK

Dengan rumus koefisien determinasi (KD) = $r^2 \times 100\% = 0,132 \times 100\% = 13,2\%$, berarti bahwa pengaruh iklim organisasi (X1), struktur organisasi (X2), teritori organisasi (X3), teknologi (X4), pengaruh pimpinan (X5), kekurangkompakan (X6) dan dukungan kelompok (X7) terhadap prestasi kerja (Y) secara gabungan adalah 13,2%, sedangkan sisanya sebesar 86,8% dipengaruhi oleh faktor lain. Dengan kata lain, variabilitas prestasi kerja yang dapat diterangkan dengan menggunakan variabel di atas adalah sebesar 13,2% sedangkan pengaruh sebesar 86,8% disebabkan oleh variabel-variabel lain di luar model ini. Untuk mengetahui kesesuaian atau kelayakan model regresi di atas, diperlukan uji hipotesis dengan menggunakan *analysis of variance*. Setelah dilakukan analisis tersebut diperoleh angka F dan taraf signifikansi sebagaimana yang tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Analysis Of Variance (ANOVA b)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	2.941	7	.420	2.529	.019 ^a
Residual	19.276	116	.166		
Total	22.218	123			

a. Predictors: (Constant), DK, SO, IO, TO, PP, KK, TK
 b. Dependent Variable: PK

Berdasarkan tabel *anova* di atas, dapat diketahui kelayakan model regresi dengan hipotesis sebagai berikut:

- a. H0 : Tidak ada hubungan linier antara X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 secara gabungan dengan Y
- b. H1 : Ada hubungan linier antara X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 secara gabungan dengan Y.

Dengan membandingkan taraf signifikansi (sig) hasil penghitungan atau penelitian dengan taraf signifikansi 0,05 (5%) dapat disimpulkan dengan kriteria sebagai berikut: Jika signifikansi penelitian < 0,05, maka H0 ditolak dan H1 diterima. Dan jika signifikansi penelitian > 0,05, maka H0 diterima dan H1 ditolak. Berdasarkan perhitungan angka signifikansi sebesar 0,019 < 0,05 (lihat signifikansi. pada tabel *Anova*), maka H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya, ada hubungan linier antara iklim organisasi (X1), struktur organisasi (X2), teritori organisasi (X3), teknologi (X4), pengaruh pimpinan (X5), kekurangkompakan (X6) dan dukungan kelompok (X7) terhadap prestasi kerja (Y).

e. Analisis Regresi (Parsial)

Untuk melihat hubungan secara parsial digunakan uji t dengan angka Beta dan *Standardized Coefficient* dalam tabel berikut:

Tabel 5. Rangkuman Hasil Analisis Regresi *Coefficients*

Model	Unstd Coeff.		Std Coeff.		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
(Constant)	2.450	.156		15.728	.000
IO	.090	.065	.146	1.381	.170
SO	-.057	.082	-.076	-.696	.488
TO	.053	.078	.072	.671	.503
TK	.045	.079	.070	.567	.572
PP	.090	.072	.134	1.248	.215
KK	-.210	.076	-.322	-2.751	.007
DK	.183	.086	.253	2.127	.036

Dependent Variable: PK

Dengan taraf signifikansi 0,05 dan derajat kebebasan $DK = n - 2 = 124 - 2 = 122$. diperoleh angka t_{tabel} sebesar 1,960. Melalui uji hipotesis sebagai berikut:

a. H0: Tidak ada hubungan linier secara parsial antara X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 dengan Y.

b. H1: Ada hubungan linier secara parsial antara X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 dengan Y.

Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H0 ditolak dan H1 diterima. Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Berdasarkan tabel *Coefficient* dapat dilihat bahwa nilai t_{hitung} variabel kekurangkompakan kelompok (X6) sebesar (-2,751) dan dukungan kelompok (X7) sebesar (2,127) > t_{tabel} sebesar (1,960) sehingga menjadikan H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya, ada hubungan linier antara kekurangkompakan kelompok (X6) dan dukungan kelompok (X7) terhadap prestasi kerja (Y). Besarnya pengaruh X6 terhadap Y adalah sebesar 0,322 atau 32,2% dan X7 terhadap Y sebesar 0,253 atau 25,3%. Adapun nilai t_{hitung} variabel X1: 1.381, X2: -0.696, X3: 0.671, X4: 0.567, X5: 1.248 adalah lebih kecil daripada t_{tabel} sebesar 1,960, sehingga H0 diterima dan H1 ditolak. Hal ini berarti bahwa tidak ada hubungan linier secara parsial dari variabel X1, X2, X2, X3, X4, dan X5 terhadap Y. Dan besarnya pengaruh (*standardized coefficient beta*) variabel-variabel tersebut menjadi tidak signifikan.

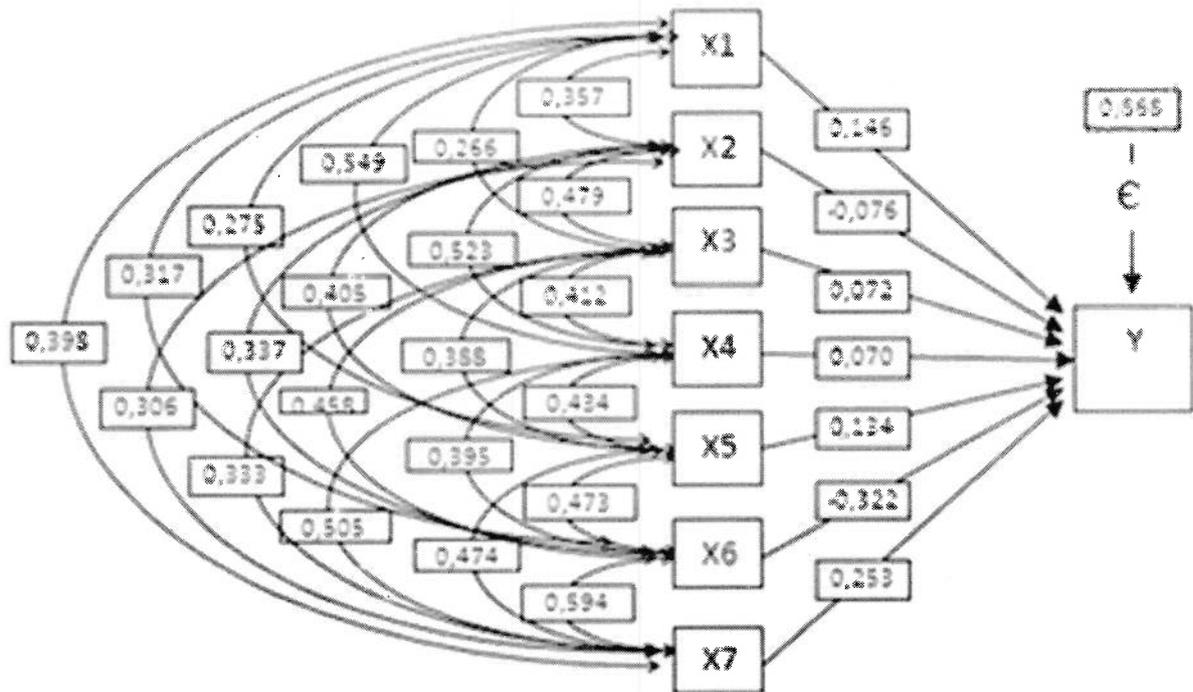
f. Analisis Korelasi

Setelah dilakukan analisis tentang adanya pengaruh antara variabel independen terhadap dependen, kemudian dilanjutkan dengan menganalisis hubungan antar variabel independennya yaitu variabel *stressor* organisasi dengan menggunakan analisis korelasi. Adapun hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Korelasi Antar Variabel Sumber Stres (*Stressor*) Organisasi

		IO (X1)	SO (X2)	TO (X3)	TK (X4)	PP (X5)	KK (X6)	DK (X7)
IO (X1)	Pearson Correlation	1	.357**	.266**	.549**	.275**	.317**	.398**
	Sig. (1-tailed)		.000	.001	.000	.001	.000	.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
SO (X2)	Pearson Correlation	.357**	1	.479**	.523**	.405**	.337**	.306**
	Sig. (1-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
TO (X3)	Pearson Correlation	.266**	.479**	1	.412**	.388**	.458**	.333**
	Sig. (1-tailed)	.001	.000		.000	.000	.000	.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
TK (X4)	Pearson Correlation	.549**	.523**	.412**	1	.434**	.395**	.505**
	Sig. (1-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
PP (X5)	Pearson Correlation	.275**	.405**	.388**	.434**	1	.473**	.474**
	Sig. (1-tailed)	.001	.000	.000	.000		.000	.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
KK (X6)	Pearson Correlation	.317**	.337**	.458**	.395**	.473**	1	.594**
	Sig. (1-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	N	124	124	124	124	124	124	124
DK (X7)	Pearson Correlation	.398**	.306**	.333**	.505**	.474**	.594**	1
	Sig. (1-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	124	124	124	124	124	124	124

** . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).



Gambar 3. Diagram Hasil Analisis Jalur

Pada tabel korelasi dapat dilihat bahwa korelasi dilakukan antar variabel independen. Dengan menggunakan angka signifikansi antara 0,05 dan 0,01 serta kriteria angka korelasi (Sarwono, 2007) sebagai berikut :

- 0 – 0,25 : korelasi sangat lemah
- 0,25-0,5 : korelasi cukup kuat
- 0,5 – 0,75 : korelasi kuat
- 0,75 – 1 : korelasi sangat kuat

Maka dapat disimpulkan bahwa semua hasil korelasi antar variabel independen adalah signifikan pada level 0,01. Adapun besarnya berkisar antara 0,594 (korelasi kuat) dan 0,266 (korelasi cukup kuat). Korelasi kuat terjadi antara variabel: iklim organisasi dengan teknologi, struktur organisasi dengan teknologi, teknologi dengan dukungan kelompok, dan kekurangkompakan dengan dukungan kelompok sedangkan antar variabel yang lain berkorelasi cukup kuat.

g. Diagram Jalur

Diagram hasil analisis jalur dan persamaan struktural dari model konseptual diatas adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,146X_1 + 0,076X_2 + 0,072X_3 + 0,070X_4 + 0,134X_5 - 0,322X_6 + 0,253X_7 + \epsilon$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Variabel *stressor* organisasi yang lebih berpengaruh terhadap prestasi kerja adalah pada variabel kekurangkompakan kelompok sebesar -0,322 atau -32,2% dan variabel dukungan kelompok sebesar 0,253 atau 25,3%. Adapun pengaruh yang lebih besar terhadap prestasi kerja lebih disebabkan oleh faktor lain sebesar 0,868 atau 86,8%.
- b. Korelasi antar variabel *stressor* semua signifikan pada taraf 0,01. Korelasi

yang kuat dengan nilai korelasi di atas 0,5 terdapat pada variabel kekurangan kelompok dengan dukungan kelompok, iklim organisasi dengan teknologi, struktur organisasi dengan teknologi, serta teknologi dan dukungan kelompok.

Saran pada penelitian ini, adalah :

- a. Pada penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan penambahan variabel-variabel lain sebagai variabel moderator atau independen pada model di atas untuk memperjelas faktor-faktor lain yang berpengaruh pada prestasi kerja.
- b. Perlu dilakukan proses analisis dengan metode analisis yang lain sebagai perbandingan sehingga lebih memperkaya khazanah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Duwi P. (2009). *SPSS untuk Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariat*. Edisi Pertama, Penerbit Gaya Media, Yogyakarta.
- Fay, Doris and Sonnentag, Sabine. (2002). *Rethinking the Effects of Stressors: A Longitudinal Study on Personal Initiative*. *Journal of Occupational Health Psychology* 7 3, pp. 221-234
- Fraser, T.M. (1992). *Stres Dan Kepuasan Kerja*. PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Ivancevich, John M., dan Matteson, Michael T. (1980). *A Managerial Perspective: Stress and Work*. Scott, Foresman and Company, Ilionis.
- Luthans, F. (1989). *Organizational Behavior*. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- McVicar A. (2003). *Workplace stress in nursing: a literature review*. *Journal of Advanced Nursing* 44(6), 633-642

Raza, Amber (2007). *Personality At Work: A Study Of Type A-B. Market Forces.* Vol 3, No. 3 Oktober.

Riduwan, Drs. M.B.A. dan Kuncoro, E. A., SE.,M.M. (2008). *Cara-Cara Menggunakan dan Memakai Analisis jalur.* Cetakan Kedua, Alfabeta, Bandung.

Robbins, Stephen P. (1993). *Organizational Behavior.* Sixth Edition, Prentice Hall, Inc.

Sarwono, Jonatahan. (2007). *Analisis Jalur untuk Riset Bisnis dengan SPSS.* Penerbit ANDI Yogyakarta.

Schermerhorn, John R., Jr, Hunt, James G., and Osborn, Richard N. (1994). *Managing Organizational Behavior.* Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., Canada.

Selye, H. (1976). *The Stress of Life.* New York: McGraw Hill

Vakola, Maria and Nikolaou, Ioannis. (2005). *Attitudes towards organizational Change. What is the role of employees' stress and commitment? Employee Relations Vol. 27 No. 2 pp. 160-174.*

Ward, Douglas C., Dr. dan Dugger, John C., Dr. (2000). *The Impacts of Quality Improvement Training on Fear/Anxiety in Organizations.* Journal of Industrial Technology • Volume 16, Number 4, August to October.

Zafir, M.M. ¹ dan Fazilah, M.H. ² (2006). *Stres Di Tempat Kerja Dan Kesannya Terhadap Keselamatan Dan Kesehatan Pekerja Malaysia.* Journal Of Community Health: Vol. 12

Zahara, Z., Samosir dan Syahfitri, Iin. (2008). *Faktor Penyebab Stres Kerja*

Jurnal Studi Perpustakaan dan Informasi, Vol. 4, No. 2, Desember Hal. 60.

PENGAMANAN IPV6 MENGGUNAKAN OPENVPN

Muhammad Haris Wibowo, Irving Vitra Papatungan, Ari Sujarwo

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta

ABSTRACT

IPv6 is the extension of the old version internet addressing (IPv4) in regard to the lack of it. Migrating from IPv6 to IPv4 is also considering how the security properly applied which commonly uses firewall to block the undesired intrusion. In this paper, Open Virtual private network (VPN) is employed to solve the security problem. The results show that this kind of mechanism by its encryption could protect the IPv6 systems.

Keywords: Security, IPv6, Virtual Private Network.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem jaringan komputer, protokol merupakan suatu bagian yang paling penting. Protokol jaringan yang umum digunakan sekarang ini adalah IPv4. Protokol yang telah berumur lebih dari 20 tahun tersebut masih memiliki beberapa kekurangan terutama ketika digunakan untuk menangani jaringan yang relatif kompleks. Pengalamatan IPv4 semakin menipis akibat dari perkembangan teknologi internet yang semakin pesat dan bertambahnya pengguna internet. Menurut data dari situs resmi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (www.apjii.or.id) blok IP yang tersisa hanya 10% dan diperkirakan akan habis dalam waktu 655 hari. Dengan melihat informasi yang telah berkembang seperti yang telah dijelaskan, saat ini telah dikembangkan protokol jaringan baru, yaitu IPv6 yang merupakan solusi dari masalah di atas.

Untuk mengimplementasikan IPv6 ini sangat sulit karena belum semua sistem operasi mendukung. Versi ini membutuhkan investasi besar untuk mengubah ke sistem operasi lain. Untuk mengatasi kendala perbedaan antara IPv4 dan IPv6 serta menjamin terselenggaranya komunikasi antara pengguna IPv4 dan pengguna IPv6, maka dibuat suatu metode *Hosts – dual stack* serta *Networks – Tunneling* pada perangkat jaringan, misalnya *router* dan *server* (Eko, 2009).

Masih banyaknya *Internet Service Provider (ISP)* yang mengaplikasikan IPv4 dalam interkoneksi dengan internet membuat jaringan IPv6 lokal membutuhkan cara khusus dalam terhubung dalam jaringan internet. Mekanisme inilah yang dinamakan *Tunneling* dimana jaringan alamat IPv6 akan melewati jaringan IPv4 dengan mengenkapsulasi header IPv6 dengan header IPv4 sehingga dapat terhubung dan saling berkomunikasi.

Keamanan jaringan IPv6 di dalam pengiriman serta penerimaan data menjadi isu yang penting setelah isu pengalamatan. Banyak keamanan yang dapat diimplementasikan, seperti penggunaan tanda tangan digital, enkripsi ataupun pemasangan *firewall* (Tanenbaum, 2003). Pada jaringan yang berhubungan dengan internet, maka pemasangan *firewall* menjadi wajib karena dengan adanya *firewall*, maka pihak dari luar tidak dapat memasuki jaringan internal kecuali diijinkan. *Firewall* ini tidak berjalan efektif pada penyusup sistem jaringan yang menggunakan teknik *Man In The Middle Attack*.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah keamanan dengan *firewall* yang tidak dapat mengatasi *Man In The Middle Attack* tersebut adalah dengan VPN (*virtual private network*), yang dapat diterapkan pada *router* dan *host*. VPN sendiri merupakan suatu bentuk jaringan

privat yang melalui jaringan publik (internet), dengan menekankan pada keamanan data dan akses global melalui internet. Hubungan ini dibangun melalui suatu *tunnel* (terowongan) virtual antara 2 *node*.

VPN dapat terjadi antara dua *end-system* atau dua PC atau bisa juga antara dua atau lebih jaringan yang berbeda. VPN dapat dibentuk dengan menggunakan teknologi *tunneling* dan *encryption*. Koneksi VPN juga dapat terjadi pada semua *layer* pada protokol OSI, sehingga pengguna dapat aman untuk pengiriman data karena terenkripsi dan menggunakan jaringan private didalam jaringan IPv6.

1.1. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah disampaikan, dapat dirumuskan sebuah masalah yaitu bagaimana menerapkan keamanan yang handal di jaringan IPv6 *tunneling* dengan VPN yang nantinya pengguna dapat membuat komunikasi yang aman untuk tanpa takut adanya penyadapan data dari pihak ketiga.

1.2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diangkat dalam penelitian ini sebagai berikut :

- *Tunneling* yang dimaksud adalah IPv6 yang berada pada klien dienkapsulasi, sehingga dapat terhubung dengan jaringan internet IPv4 (IPv6 to IPv4).
- Penyedia layanan *tunneling* menggunakan *freenet6*. *Freenet6* merupakan layanan yang menawarkan *tunneling* IPv6 ke suatu komunitas secara gratis. Layanan ini memungkinkan pengguna untuk dapat terkoneksi IPv6 darimana saja.

1.3. Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah keamanan didalam jaringan IPv6, selain itu juga melakukan pengujian keamanan

tersebut dengan menggunakan teknik serangan *man in the middle attack*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan untuk menggali informasi yang terkait dengan penelitian, yaitu melalui buku-buku dan materi internet yang berkaitan dengan *dual stack tunneling* IPv6 meliputi:

- a. Pemilihan perangkat lunak yang diimplementasikan dalam *tunneling* IPv6.
- b. Pencarian referensi mengenai tahapan dalam implementasi pengujian kinerja *Virtual private Network* (VPN) di dalam jaringan
- c. Referensi mengenai teknik serangan *Man In The Middle Attack* untuk pengujian keamanan jaringan IPv6 tersebut.

Dari studi pustaka diharapkan didapatkan landasan teori/metode untuk pengembangan sistem keamanan *dual stack tunneling* IPv6.

2.2. Implementasi dan Konfigurasi Sistem

Pengembangan sistem disusun berdasarkan hasil perolehan dari studi pustaka yang meliputi :

- a. Desain Arsitektur Jaringan
Tahap ini merupakan tahap perancangan arsitektur jaringan komputer yang akan digunakan untuk membangun jaringan *tunnel* IPv6 yang ditambah dengan VPN sebagai keamanannya.
- b. Pengadaan Perangkat Keras
Tahapan ini merupakan tahap pengadaan perangkat keras yang meliputi komputer untuk klien, komputer untuk komputer *gateway*, dan DNS, serta komputer untuk pengguna yang akan mengakses LAN. Selain itu diperlukan pula perangkat keras yang digunakan sebagai

pendukung keberlangsungan transmisi data.

c. Instalasi dan Konfigurasi Sistem

Tahapan ini merupakan tahap konfigurasi sistem pada komputer gateway yang didalamnya terdapat DNS dan VPN sebagai server yang diakses oleh klien, selain itu juga terdapat *tunneling* IPv6. Penginstalasian keamanan VPN jaringan diaplikasikan baik di klien maupun gateway.

d. Pengujian

Setelah konfigurasi selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah mencoba mengakses VPN klien ke VPN *server* untuk mengetahui koneksi berjalan dengan baik. Dalam aliran data tersebut dilakukan serangan menggunakan teknik *man in the middle attack*. Sehingga akan diketahui apakah keamanan VPN sudah berjalan dengan baik dan hasilnya *valid*.

2.3. Konsep Dasar Protokol

Protokol dapat dimisalkan sebagai penerjemah dua orang yang berbeda bahasa ingin berkomunikasi. Protokol ini yang mengatur bagaimana sebuah komputer dapat berkomunikasi dengan baik dengan komputer lain. Oleh karena itu, komunikasi tidak tergantung dari sistem operasi, melainkan tergantung pada protokol (Eko, 2009). Standar protokol internet ada dua yakni OSI (*Open System Interconnection*) dan TCP/IP, namun pada akhirnya TCP/IP menjadi standar de-facto yaitu standar yang diterima karena pemakaiannya secara sendirinya semakin berkembang.

2.3.1. TCP/IP

Transmission Control Protokol/ Internet Protokol (TCP/IP) adalah satu set aturan standar komunikasi data yang digunakan dalam proses transfer data dari satu komputer ke komputer lain di jaringan komputer tanpa melihat perbedaan jenis hardware dan dikembangkan dengan *layer-*

layer untuk memudahkan dalam identifikasi jaringan. Masing-masing *layer* mempunyai tugas berbeda yang bertanggung jawab terhadap masalah terjadinya komunikasi dalam jaringan (Sutanta, 2004).

2.3.2. Internet Protokol (IP)

Internet Protokol (IP) adalah metode atau protokol untuk mengirimkan data ke Internet. Setiap komputer (biasanya disebut *host*) dalam internet setidaknya harus mempunyai sebuah alamat IP yang unik yang mengidentifikasi komputer tersebut terhadap komputer yang lainnya, karena tanpa alamat IP seseorang tidak akan dapat terhubung ke internet. Penggunaan alamat IP dikoordinasi oleh lembaga sentral internet yang dikenal dengan IANA, salah satunya adalah NIC (*Network Information Center*), saat ini ada dua macam Internet Protokol yaitu *Internet Protokol* versi 4 (IPv4) dan yang sedang dikembangkan yaitu *Internet Protokol* versi 6 (IPv6).

2.3.3. Internet Protokol version 4 (IPv4)

IPv4 adalah sebuah jenis pengalamatan jaringan yang digunakan di dalam protokol jaringan TCP/IP yang menggunakan protokol IP versi 4. Panjang totalnya adalah 32-bit, dan secara teoritis dapat mengamati hingga 4 miliar *host* komputer di seluruh dunia, namun perkembangannya alamat IPv4 tidak lama lagi akan habis digunakan. Alamat IP versi 4 umumnya diekspresikan dalam notasi desimal bertitik (*dotted-decimal notation*), yang dibagi ke dalam empat buah oktet berukuran 8-bit. Karena setiap oktet berukuran 8-bit, maka nilainya berkisar antara 0 hingga 255 (meskipun begitu, terdapat beberapa pengecualian nilai). Contoh alamat IP versi 4 adalah 192.168.1.3.

2.3.4. Internet Protokol version 6 (IPv6)

IP versi 6 (IPv6) adalah protokol Internet versi baru yang didesain sebagai pengganti dari Internet protokol versi 4 (IPv4) yang didefinisikan dalam RFC 791. IPv6 yang memiliki kapasitas *address* raksasa (128 bit), mendukung penyusunan *address* secara terstruktur, yang memungkinkan Internet terus berkembang dan menyediakan kemampuan *routing* baru yang tidak terdapat pada IPv4 (Captaingeek, 2010). IPv6 memiliki tipe *address* anycast yang dapat digunakan untuk pemilihan route secara efisien. Selain itu IPv6 juga dilengkapi oleh mekanisme penggunaan *address* secara *local* yang memungkinkan terwujudnya instalasi secara Plug&Play, serta menyediakan *platform* bagi cara baru pemakaian Internet, seperti dukungan terhadap aliran data secara *real-time*, pemilihan *provider*, mobilitas *host*, *end-to-end security*, ataupun konfigurasi otomatis. Tabel 1 merupakan contoh penggunaannya:

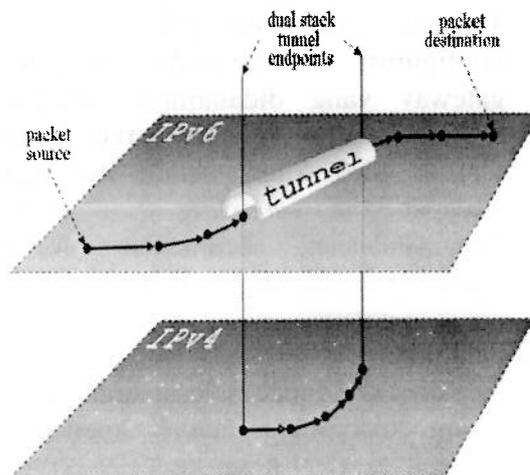
Tabel 1. Penyederhanaan Alamat IPv6 (<http://opensource.telkomspeedy.com/>)

Alamat asli	Alamat asli yang disederhanakan	Alamat setelah dikompres
FE80:0000:0000:0000:02AA:00FF:FE9A:4CA2	FE80:0:0:0:2A A:FF:FE9A:4C A2	FE80::2AA: FF:FE9A:4 CA2
FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0002	FF02:0:0:0:0:0:0:0:2	FF02::2

2.3.5. Mekanisme Transisi IPv4/IPv6 IPv6 Over IPv4 Tunneling (6to4 Tunneling)

IPv6 Over IPv4 *Tunneling* merupakan enkapsulasi paket-paket IPv6 dengan header IPv4, kemudian ketika paket telah sampai akan didekapsulasi sehingga paket-paket IPv6 ini dapat dikirim melalui infrastruktur IPv4 (Rafiudin, 2005). Penyedia jasa *tunneling* IPv6 secara gratis ada beberapa, diantaranya adalah

Tunnelbroker dan Gogo6 (freenet6), dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tunneling IPv6 (<http://gogonet.gogo6.com/>)

Gogo6 (Freenet6) merupakan layanan yang menawarkan *tunneling* IPv6 ke suatu komunitas secara gratis. Layanan ini memungkinkan ribuan orang dari seluruh dunia berkesempatan untuk mendapatkan solusi yang terbaik penyebaran dan penambahan IPv6. Freenet6 pengguna dapat terkoneksi IPv6 darimana saja, termasuk dari belakang sistem NAT maupun dari luar jaringan asal mereka. Setiap pengguna yang sudah mendaftar di freenet6, akan mendapatkan satu alamat permanen IPv6, sehingga komputer mereka dapat terhubung darimana saja didalam jaringan internet IPv6.

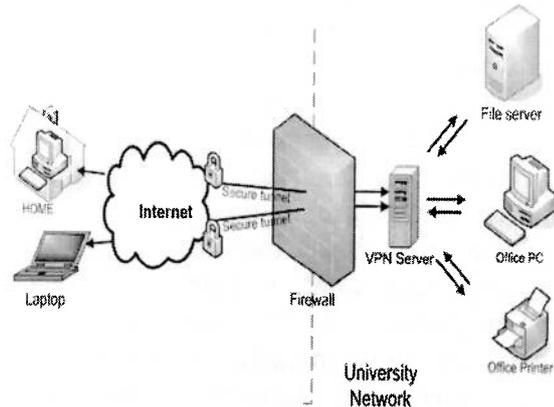
2.3.6. VPN

VPN adalah suatu jaringan penutup yang terbentuk dari tunnel-tunnel dengan muatan enkripsi dan autentikasi. Dimana enkripsi dan autentikasi yang baik bisa didapatkan, seperti VPN akan memberikan keamanan yang bagus atau lebih baik dari yang disediakan oleh jaringan biasa. Beberapa protokol yang ada di VPN, seperti dibawah ini (Edwards dkk, 2006):

- a. *Secure Sockets Layer* (SSL)
- b. *Public Key Infrastructure* (PKI)
- c. *SecureID*
- d. *Internet Protocol Security* (IPSec)
- e. *Layer 2 Forwarding* (L2F)

- f. *Point to Point Tunneling Protocol (PPTP)*
- g. *Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)*
- h. *Generic Routing Encapsulation (GRE)*

Pada Gambar 2. menunjukkan contoh bagaimana proses VPN terjadi.



Gambar 2. Teknologi VPN (bath.ac.uk).

2.3.7. *Secure Socket Layer (SSL)*

SSL adalah suatu protokol komunikasi pada Internet yang menyediakan fasilitas keamanan seperti kerahasiaan, keutuhan dan keabsahan. Protokol ini bebas dipergunakan oleh siapa saja, bahkan didukung oleh dua browser utama, yaitu Netscape Navigator dan Microsoft Internet Explorer. SSL juga tidak mengkhususkan diri untuk hanya mendukung protokol tertentu – seperti HTTP misalnya, karenanya SSL menggunakan port 443 untuk berhubungan dengan pelayan internet yang juga memiliki fasilitas SSL. Lapisan aplikasi di atasnya dapat memanfaatkan kunci yang telah dinegosiasikan oleh SSL. SSL dirancang agar fasilitas keamanan pada aplikasi yang memanfaatkan SSL tidak merepotkan pemakainya. Dengan memanfaatkan SSL, aplikasi internet dapat melakukan komunikasi yang aman melalui fasilitas yang disediakan oleh SSL (Elgamal, 1996):

- a. Kerahasiaan pesan, sehingga tidak bisa dibaca oleh pihak yang tidak diinginkan
- b. Keutuhan pesan, sehingga tidak bisa dirubah di tengah jalan

- c. Keabsahan, sehingga meyakinkan pihak-pihak yang berkomunikasi mengenai keabsahan pesan dan keabsahan jati diri lawan bicaranya.

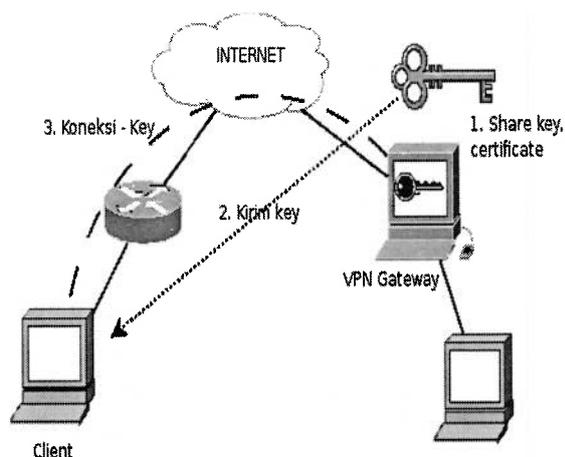
Keamanan dijamin dengan menggunakan kombinasi dari kriptografi, kunci publik dan kriptografi kunci simetri bersamaan dengan sebuah infrastruktur sertifikat. Sebuah sertifikat adalah sebuah kumpulan data identifikasi dalam format yang telah distandardisasi. Data tersebut digunakan dalam proses verifikasi identitas dari sebuah entitas (contohnya sebuah web server) pada internet. Sertifikat ini secara digital dan ditandatangani oleh sebuah *Certificate Authority (CA)*, yaitu sebuah entitas yang dapat dipercaya yang diberikan kekuasaan untuk melakukan verifikasi sebuah perusahaan atau individu yang ingin menyediakan aplikasi yang diamankan menggunakan SSL. Klien yang ingin berkomunikasi secara aman dengan entitas tersebut dapat melakukan verifikasi identitasnya dengan menanyakannya pada basis data CA.

Sebuah sertifikat juga mengandung kunci publik dari pemiliknya. Kunci ini berpasangan dengan kunci privat yang hanya diketahui oleh pemiliknya. Pasangan kunci ini digunakan untuk verifikasi identitas dari pemilik sertifikat, dan juga untuk membuat informasi rahasia yang dapat dipertukarkan antara pemilik sertifikat dan entitas lainnya. SSL adalah protokol keamanan yang digunakan pada hampir semua transaksi aman pada internet. SSL mengubah suatu protokol transport seperti TCP menjadi sebuah saluran komunikasi aman yang cocok untuk transaksi yang sensitif. Protokol SSL mendefinisikan metode yang digunakan untuk membangun sebuah saluran komunikasi yang aman dan tidak tergantung pada algoritma kriptografi mana yang digunakan. SSL mampu mendukung berbagai macam algoritma kriptografi, dan berlaku sebagai sebuah *framework* di mana kriptografi dapat digunakan dengan cara yang tepat dan

terdistribusi. Penggunaan SSL sangat luas, Aplikasi yang membutuhkan pengiriman data melalui sebuah jaringan yang tidak aman seperti internet atau intranet perusahaan adalah salah satu aplikasi yang berpotensi untuk memanfaatkan SSL. SSL menyediakan keamanan, dan yang lebih penting adalah ketenangan.

2.3.8. OpenVPN

OpenVPN adalah aplikasi open source untuk *Virtual private networking* (VPN), dimana aplikasi tersebut dapat membuat koneksi *point-to-point tunnel* yang telah terenkripsi (Feilner, 2009). OpenVPN menggunakan *private keys*, *certificate*, atau pengguna *name/password* untuk melakukan autentikasi dalam membangun koneksi. Dimana untuk enkripsi menggunakan OpenSSL dan protokol SSL. Seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. OpenVPN

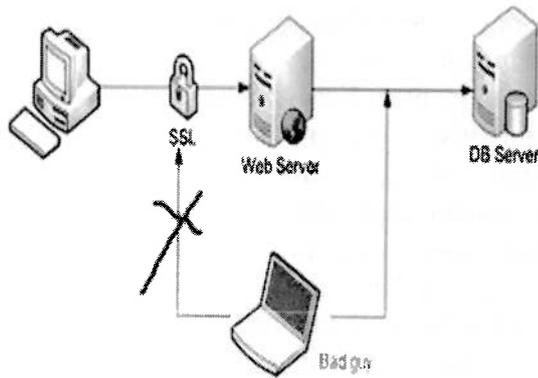
2.3.9. Man In The Middle Attack (MITMA)

Man In The Middle Attack adalah suatu teknik yang digunakan untuk menyerang jaringan Ethernet yang dapat mengijinkan penyerang untuk memutuskan kiriman data pada suatu sambungan *Local Area Network* (LAN) atau menghentikan semua lalu lintas sama sekali. Dalam serangan *Man In The Middle Attack*, seorang *attacker* akan berada di tengah-tengah komunikasi antara dua pihak. Seluruh pembicaraan yang terjadi di antara

mereka harus melalui *attacker* terlebih dahulu. *Attacker* dengan leluasa melakukan penyadapan, pencegahan, pengubahan bahkan memalsukan komunikasi. Sebagai contoh serangannya *sniffing* dan *spoofing*.

Sniffing adalah kegiatan menyadap dan/atau menginspeksi paket data menggunakan *sniffer* software atau hardware di internet. Kegiatan ini sering disebut sebagai serangan sekuriti pasif dengan cara membaca data yang berkeliaran di internet, dan memfilter khusus untuk *host* tujuan tertentu. Jadi kegiatan ini tidak melakukan apa-apa terhadap data, tidak merubah dan tidak memanipulasi, cukup menyadap. Ia digunakan untuk mendapatkan informasi seperti password, data-data rahasia dan lainnya. Sering digunakan para *analyst networking*, baik dari kalangan *developer* maupun *network administrator*, untuk melakukan *troubleshooting*.

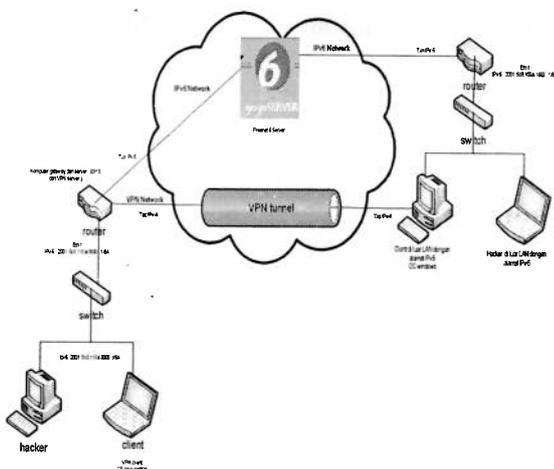
IP Spoofing adalah sebuah teknik untuk membuat *untrusted host* terlihat seperti *trusted host* dalam sebuah jaringan. *IP Spoofing* melakukan aktivitasnya dengan menulis ke raw *socket*. Program dapat mengisi header field dari suatu paket IP siapapun yang diinginkan. Dalam sistem Linux, Pengguna yang melakukan proses ini memerlukan izin dari Root. Karena *routing* hanya berdasarkan IP Destination Address (Tujuan), maka IP Source Address (Alamat IP sumber) dapat diganti dengan alamat apa saja. Dalam beberapa kasus seorang *attacker* menggunakan IP source address yang spesifik pada semua paket IP yang keluar untuk membuat semua pengembalian paket IP dan ICMP Message ke pemilik address tersebut. Seorang *attacker* juga menggunakan *IP Spoofing* untuk menyembunyikan lokasi mereka pada jaringan.



Gambar 4. Man In The Middle Attack (blogs.msdn.com)

3. ANALISIS MASALAH

Permasalahan bermula ketika alamat IPv4 sebentar lagi akan habis terpakai. Hal ini diakibatkan jumlah IPv4 yang terbatas dan tidak sebanding dengan jumlah pengguna yang ada saat ini. kemudian hadir IPv6 yang menawarkan solusi dengan ruang pengalamatan yang lebih besar, namun masih banyak digunakannya IPv4 oleh *Internet Service Provider (ISP)*, untuk terhubung ke internet mengakibatkan IPv6 ini belum bisa diaplikasikan sepenuhnya. Dimasa depan sudah diterapkannya Jaringan IPv6 secara keseluruhan apakah keamanannya dapat terjamin atau tidak, padahal perkembangan teknologi semakin maju dari waktu ke waktu, maka akan semakin banyak juga aplikasi digunakan untuk mengganggu jalur pengiriman data termasuk didalam jaringan IPv6.



Gambar 5. Desain Arsitektur Jaringan

Tunneling membantu menyelesaikan permasalahan untuk pengaplikasian IPv6. *Tunneling* adalah metode *encapsulating* paket IPv6 dalam paket IPv4 yang menggunakan IPv4 sebagai link *layer* untuk IPv6, sehingga paket-paket IPv6 dapat dikirim melalui infrastruktur IPv6-IPv4. Kemudian penyelesaian untuk sistem keamanannya yang tidak dapat di selesaikan dengan pengamanan biasa yaitu firewall yang tidak dapat mencegah serangan *hacker* dengan teknik yang digunakan untuk menyerang jaringan Ethernet yang dapat mengijinkan penyerang untuk memutuskan kiriman data pada suatu sambungan *Local Area Network (LAN)* atau menghentikan semua lalu lintas sama sekali biasanya disebut dengan *Man In The Middle Attack*. Dengan menggunakan aplikasi VPN yang akan mengenkripsi dan menyediakan jalur private sehingga paket data yang lewat didalam jaringan IPv6 *tunneling* tersebut keamanannya terjamin dari *Man In The Middle Attack* karena pengiriman data telah terenkripsi dan kenyamanan pengiriman data penggunapun dapat terjaga.

Perancangan jaringan dan keamanan VPN IPv6 memerlukan dukungan dari sistem operasi. Tidak semua sistem operasi yang mendukung pengalamatan dan keamanan VPN IPv6, dikarenakan paket header yang dikirimkan berbeda dengan IPv4, serta pengalamatan IPv6 yang menggunakan sistem *hexadecimal*. Sistem operasi harus mendukung *tunneling*. Selain itu juga tidak semua paket-paket untuk membangun keamanan VPN IPv6 mendukung di setiap sistem informasi. Hal inilah yang menyebabkan penggunaan linux Centos.

Keamanan VPN IPv6 sendiri memerlukan beberapa aplikasi. Tidak semua aplikasi mendukung VPN teknologi IPv6. Karena beberapa aplikasi baru melakukan pengembangan. Hal ini juga yang menyebabkan penggunaan aplikasi OpenVPN. OpenVPN juga mempunyai konsep modular baik underlying security maupun *networking*. OpenVPN

menggunakan keamanan, kestabilan, dan mekanisme SSL/TLS untuk autentikasi dan enkripsi. OpenVPN juga menawarkan kemungkinan untuk keluar dari lingkup implementasi VPN lainnya.

3.1. Gambaran Umum Sistem

Implementasi mekanisme IPv6 *tunneling* pada klien lokal menggunakan *freenet6* sedangkan untuk keamanannya menggunakan VPN yang menggunakan aplikasi OpenVPN seperti pada Gambar 5. sebuah jaringan dibagi menjadi tiga bagian yaitu komputer sebagai gateway sekaligus server yang menghubungkan jaringan LAN ke internet, komputer sebagai klien yang berada di LAN, dan klien yang berada di luar LAN untuk mengakses jaringan LAN.

Komputer gateway dan server di dalamnya terdapat *domain name system* (DNS) server, *virtual private network* (VPN) server ataupun server-server lainnya. Komputer server inilah yang nanti dapat diakses oleh klien dalam *Local Area Network* (LAN) dan juga oleh klien yang berada di luar LAN. Komputer ini menggunakan tiga interface yaitu :

1. Eth0 adalah interface yang menghadap ke internet, dengan alamat IPv4 *public static*.
2. Eth1 mengaplikasikan metode RADVD yaitu menggunakan IPv6 ke jaringan LAN. Pengalamatan IPv6 setelah disederhanakan 2001:5c0:110a:3000::1/64.
3. Tun adalah interface yang otomatis dibentuk oleh *freenet6* untuk melakukan *tunneling*
4. Tap adalah interface yang otomatis dibentuk oleh OpenVPN untuk membentuk jalur keamanan data IPv6.

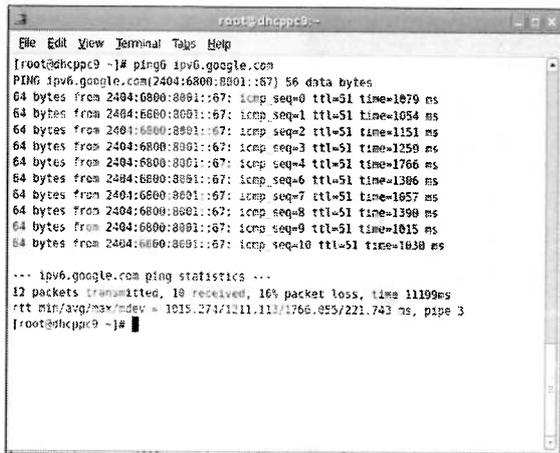
Gateway bertugas untuk menghubungkan jaringan yang berbeda agar dapat saling berkomunikasi. Komunikasi antara *gateway* dengan *freenet6* server dilakukan menggunakan pengalamatan IPv4, proses *tunneling* terjadi ketika komputer *gateway* mencoba melakukan *dial* atau melakukan proses

remote terhadap *freenet6* server. Sedangkan, *security* pengiriman data dilakukan oleh VPN server menggunakan OpenVPN, hampir sama proses yang terjadi dengan *tunneling* tapi yang melakukan *dial* adalah klien. Ketika ada klien yang meminta layanan terhadap gateway maka gateway akan merequest data dan dikirimkan data dengan enkripsi.

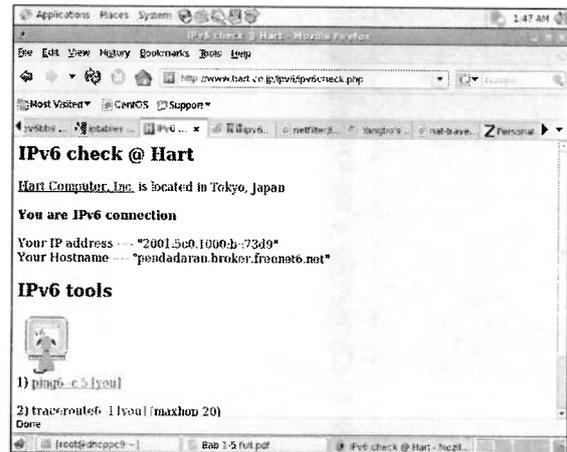
Komputer Klien digunakan untuk mengakses web yang ada pada *webserver*, serta melakukan akses ke internet. Komputer klien yang berada di luar LAN akan mengakses ke LAN dengan menggunakan pengalamatan IPv6. Komputer klien juga mengakses VPN server yang ada pada *gateway*, agar proses pengiriman data berjalan dengan aman. Komputer *hacker* digunakan untuk berusaha mengambil data yang lewat di dalam proses pengiriman data dari klien ke gateway. Dengan menggunakan *tools spoofing* seperti TCH-IPv6 komputer *hacker* berada satu jaringan dengan komputer klien baik LAN maupun luar jaringan LAN.

3.2. Pengujian Tunneling IPv6 dengan Menggunakan Freenet6

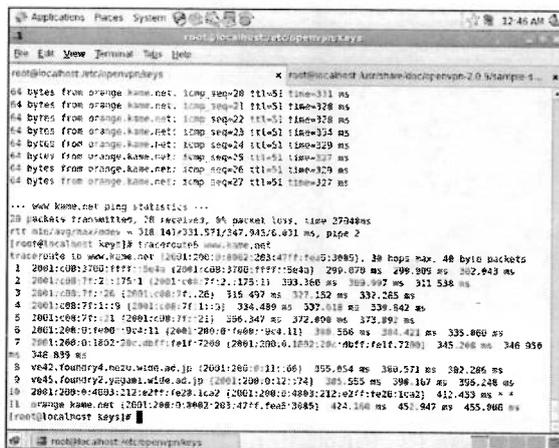
Tunneling IPv6 ini menggunakan *Freenet6*, dimana metode *tunneling*nya adalah jaringan IPv6 ke jaringan IPv4. Pengujian dilakukan dengan mengirim paket ICMP yaitu paket ping ke *ipv6.google.com* dan melihat rute yang dilewati dengan *traceroute6*, seperti tampak pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Pengujian Dengan Mengirim Paket Ping



Gambar 8. Alamat IPv6 pada Komputer Gateway



Gambar 7. Pengujian Dengan Route Yang Dilewati Paket

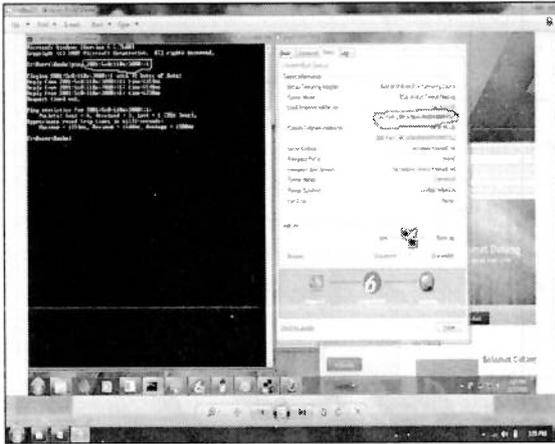


Gambar 9. Alamat IPv6 pada Komputer Klien

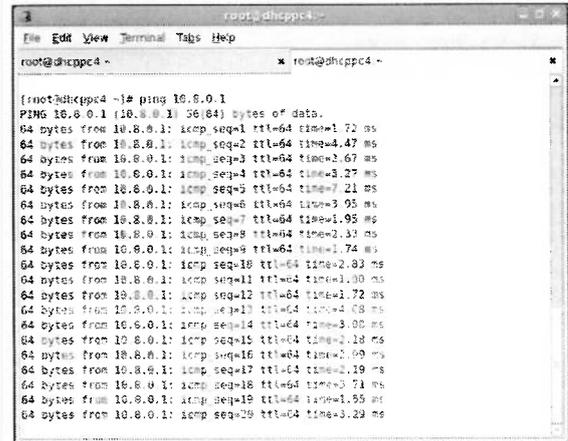
Pengujian berikutnya adalah melihat alamat IPv6 yang digunakan untuk interkoneksi internet IPv6, dengan menggunakan web browser dan mengetikkan alamat <http://www.hart.co.jp/ipv6/ipv6check.php>, tampak pada Gambar 8 dan 9.

3.3. Pengujian Mengakses LAN dari Luar LAN

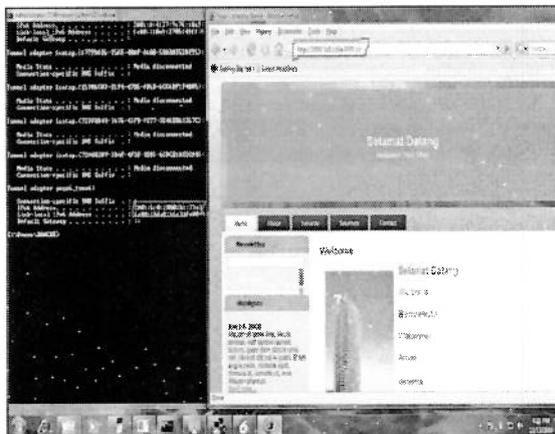
Pengujian dilakukan oleh komputer Klien2 dimana klien2 adalah computer yang berada di luar LAN, akan mengakses komputer gateway dan klien yang berada pada satu jaringan lokal. Pengujian dilakukan dengan melakukan ping ke computer klien pada LAN, dan klien2 mengakses webserver yang berada pada computer gateway. Khusus untuk akses webserver harus dengan mengetikkan alamat IPv6 untuk mengakses dari luar LAN, dengan format penulisan [http://\[alamatIPv6\]](http://[alamatIPv6]). Hasil pengujian tampak pada Gambar 10 dan 11.



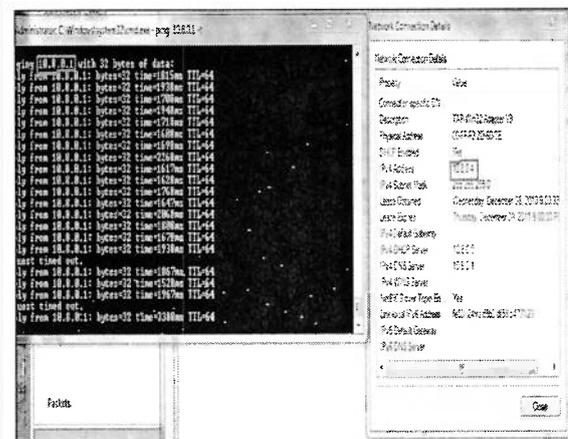
Gambar 10. Ping Alamat IPv6 ke server pada Komputer Klien



Gambar 12. Ping klien OpenVPN linux ke server OpenVPN



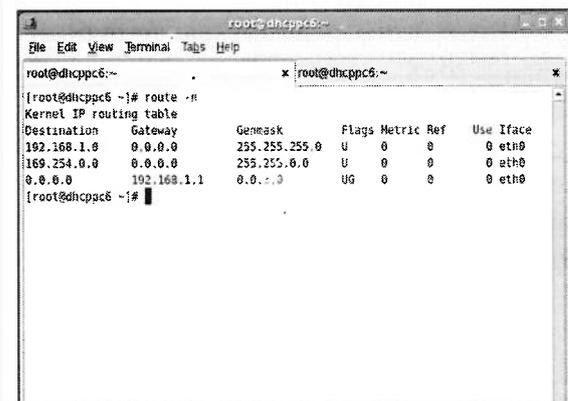
Gambar 11. Menggunakan browser untuk menghubungkan dns server pada Komputer Klien.



Gambar 13. Ping klien OpenVPN luar LAN windows ke server OpenVPN

3.4. Pengujian Keamanan OpenVPN Terhadap Jaringan Tunneling ipv6

Pengujian selanjutnya adalah klien mengirim paket ICMP yaitu paket ping dan melihat *routing* ke server baik dari *local* (klien dengan nama buffon dan system operasinya dengan centos) maupun dari luar lan(klien dengan nama ellena dan system operasinya dengan windows seven) dimaksudkan untuk mengetahui koneksi telah berjalan dengan baik. Hasil pengujian tampak pada Gambar 12, 13 dan 14.



Gambar 14. Route Table pada klien buffon



Gambar 15. Route Table pada klien Ellena

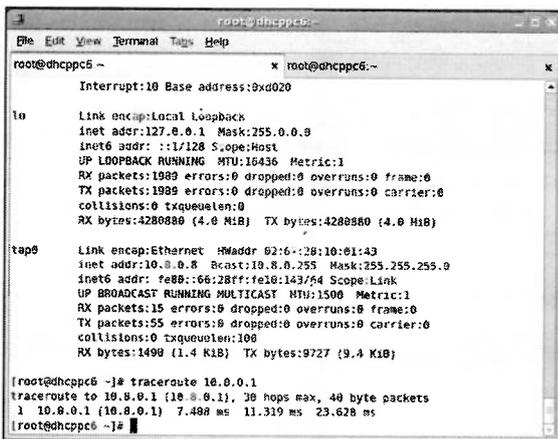


Gambar 17. Traceroute pada klien VPN ellena

Setelah melihat pengujian ping dan route :

1. Server VPN mencapai jaringan lokalnya.
2. Tunnel OpenVPN adalah *up* dan *running*.
3. Tunnel OpenVPN bekerja antara aturan.

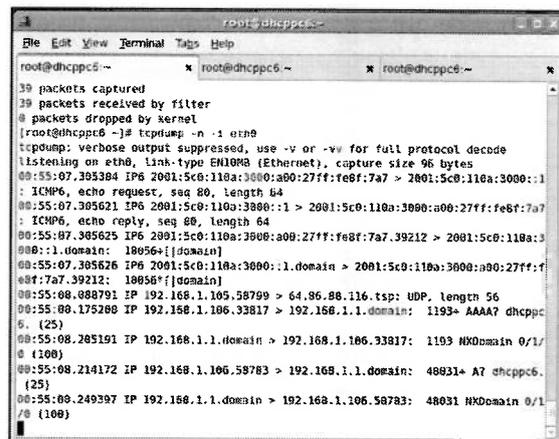
Selanjutnya melakukan pengujian traceroute pada klien linux dan tracert pada klien windows masih menggunakan paket ICMP. Program *traceroute* akan menolong kita mengikuti *route* paket mengambil. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Traceroute pada klien VPN buffon

3.5. Pengujian OpenVPN Dengan Tcpcmdump

Tool lainnya adalah untuk mengontrol *traffic* adalah *tcpdump*. Sebagai jaringan *sniffer*, *tcpdump* sering digunakan oleh *administrator* atau *hacker* untuk mengoleksi perubahan data pada jaringan. Gambarkan *tcpdump* semua *traffic* yang melewati. Interface yang memberikan parameter. Contoh dibawah ini menggambarkan penggunaan *tcpdump*. Pada saat memanggil pilihan *-n* dan *-i eth1*, *tcpdump* akan didengarkan pada interface *eth0* pada klien dan memberikan jumlah output. *Tcpdump* sendiri digunakan untuk mengetahui *traffic* di dalam jaringan OpenVPN seperti Gambar 18.



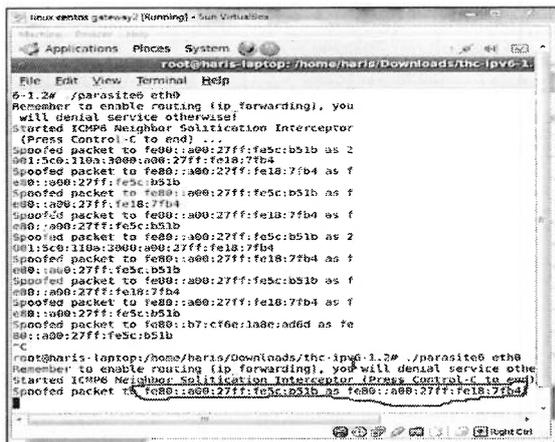
Gambar 18. TCPDump pada klien VPN buffon

Dapat di lihat hasil dari pengujian *tcpdump* yang pengiriman dengan IPv6 2001:5c0:110a:3000::a00:27ff:fe8f::7a7(ip

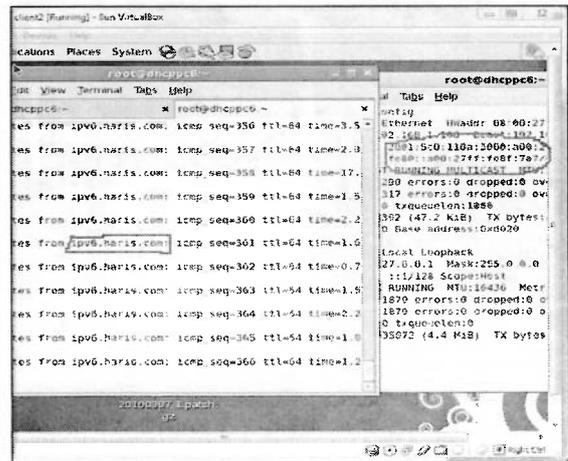
v6 klien buffon ke 2001:5c0:110a:3000::1(ipv6 server) semuanya dari mereka akan dijawab oleh server 2001:5c0:110a:3000::1. Artinya koneksi OpenVPN berjalan dengan baik.

3.6. Pengujian Security OpenVPN Dengan THC-IPv6

Tools untuk melakukan pengujian OpenVPN didalam jaringan IPv6 adalah THC-IPv6. Di dalam jaringan IPv6 untuk melakukan serangan sedikit berbeda dengan IPv4, karena dari segi arsitekturpun IPv6 sudah berbeda dengan IPv4. Inilah alasannya dipakai tools THC-IPv6, aplikasi ini digunakan untuk menyerang protokol dari IPv6. Pengujian dilakukan dengan klien ellena dan klien buffon melakukan koneksi dengan server yaitu mengakses webserver yang ada di server VPN kemudian *hacker* yang juga terhubung dengan server tapi tidak terhubung dengan VPN server melakukan *spoofing*. Dengan IPv6 dari *buffon* 2001:5c0:110a:3000:a00:27ff:fe8f:7a7, server 2001:5c0:110a:3000::1, dan *hacker* 2001:5c0:110a:3000:a00:27ff:fe18:7fb4 dapat dilihat dari Gambar 19 dan 20:

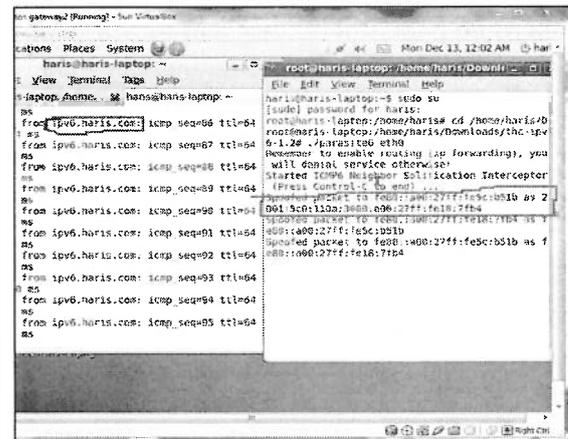


Gambar 19. Spoofing pada komputer *hacker*



Gambar 20. Spoofing di komputer klien

Gambar 19 dan 20 menunjukkan pengujian pada saat klien OpenVPN ellena melakukan pengiriman paket ke server *hacker* mencoba mengambil paket tersebut namun gagal dengan tidak ada sama sekali paket dari klien yang bisa *hacker* ambil.



Gambar 21. Spoofing pada komputer *hacker*



Gambar 22. Komputer klien

Gambar 21 dan 22 menunjukkan pada saat klien OpenVPN ellena melakukan pengiriman paket ke server dan *hacker* juga pengiriman paket secara bersama-sama ke server. *Hacker* mencoba mengambil paket tersebut namun gagal dengan tidak ada sama sekali paket dari klien yang bisa *hacker* ambil dan yang *terspoofing* hanya paket dari *hacker* itu sendiri.

Dari pengujian diatas OpenVPN termasuk generasi baru VPN. Ketika solusi VPN yang lain sering menggunakan proprietary atau mekanisme non-standard, OpenVPN mempunyai konsep modular baik *underlying security* maupun *networking*. OpenVPN menggunakan keamanan, kestabilan, dan mekanisme SSL/TLS untuk autentikasi dan enkripsi. OpenVPN sangat komplek yang tidak terdapat pada impelmentasi VPN lainnya seperti VPN IPsec. dapat dilihat dari pengujian yang dilakukan. Bahaya *man-in-the-middle* *Another* atau yang disebut dengan serangan, atau yang lebih kita kenal dengan *eavesdropping* pun tidak mampu menembus enkripsi yang telah dibuat oleh OpenVPN. OpenVPN ternyata juga realible di IPv6 dari kelebihan-kelebihan itulah menjadikan OpenVPN merupakan pilihan yang tepat untuk keamanan.

Namun OpenVPN juga masih mempunyai kekurangan. Kelemahan itu dapat terlihat di pengujian, kelemahan-kelemahan tersbut antara lain :

- a. Ada sedikit orang yang mengetahui bagaimana cara menggunakan OpenVPN, terutama di dalam skenario yang sulit.
- b. Hanya mengamankan untuk sistem *point to point* atau *peer to peer*.
- c. Pengembangan dari pengembang OpenVPN untuk IPv6 yang belum selesai sampai sekarang

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Keamanan dari jaringan IPv6 *tunneling* dengan menggunakan VPN telah selesai dibangun telah diupayakan sesuai

dengan perencanaan dan perancangan pada tahap analisis kebutuhan perangkat lunak, perangkat keras, jaringan, serta konfigurasinya. Setelah melakukan tahap pengujian maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

- a. Freenet6 sebagai penyedia *tunneling* dengan kelebihan mobilitasnya membantu penyebaran dan penggunaan alamat IPv6.
- b. Alamat IPv6 dalam pengaplikasiannya dapat diakses darimana saja, karena alamat IPv6 yang melimpah, setiap pengguna dapat mendapatkan alamat public.
- c. OpenVPN berjalan dengan baik di jaringan IPv6 dengan *hacker* tidak bisa menyadap pengiriman data dari klien OpenVPN ke server.
- d. OpenVPN dapat di akses darimana saja asal klien mempunyai autentikasi ke server.
- e. Untuk OpenVPN IPv6 sendiri masih dalam pengembangan jadi untuk diterapkan sekarang masih sulit.

Terdapat beberapa hal yang sebaiknya diperhatikan ketika mengimplementasikan sistem pada jaringan dan saran yang diberikan untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

- a. OpenVPN dapat diimplementasikan sepenuhnya menggunakan IPv6. Karena OpenVPN sampai sekarang pengembangannya belum bisa sepenuhnya dipakai untuk IPv6.
- b. Mengimplementasikan OpenVPN server pada sistem operasi selain Linux, karena untuk konfigurasi di linux OpenVPN masih relatif sulit dan belum pengguna friendly.

DAFTAR PUSTAKA

Captaingeeek (2010). "IPv6 Zone BuilderReverse Zone Builder" (<http://captaingeeek.net/ipv6-zone-builder/>)

Edwards, J., Bramante, R., Martin, A. (2006) *Nortel Guide to VPN Routing*

for Security and VoIP, Wiley Publishing, Inc. 10475. USA.

Eko Ari Bowo, M. (2009). "*Penggunaan IPv6 Sebagai Solusi Pengganti IPv4 dalam Penanganan Keterbatasan IP Address di Jaringan Internet Masa Depan*"
(<http://ekoari.blog.uns.ac.id/files/2009/04/ipv6.pdf>) diakses 14 Oktober 2009

Elgamal, T., Jeff Treuhaft, Frank Chen: *Securing Communications on the Intranet and Over the Internet*; Netscape Communications Corp., 1996.

Feilner, Markus and Graf, Norbert (2009). "*Beginning OpenVPN 2.0.9*". (<http://OpenVPN.net/index.php/open-source/documentation/howto.html>)

Rafiudin, Rahmat. (2005). *IPv6 Addressing*. Jakarta: Gramedia

Sutanta, Edhy. (2004). *Komunikasi Data & Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Tanenbaum, A.S., (2003). "*Computer Network (fourth edition)*". Prentice Hall. New Jersey .

ROBOT TRANSPORTASI BARANG OTOMATIS MENGUNAKAN SENSOR WARNA RGB DENGAN ATMEGA32

Medilla Kusriyanto¹⁾, Dwi Ana Ratna Wati, Drajat Restu Nursigit
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta
E-mail : ¹⁾medilla@fti.uii.ac.id

ABSTRACT

Technology growth up for work efficiency especially in time and energy in material distribution needs transportation mechanism automatically with in track that designed before. Line follower with colour sensor embedded in it is used for material transportation robot. Robot used to transport material automatically base on track. Robotic system consist of photodiode sensor to sense colour and line of the track and distance sensor used to detect material that will be transported. Robot will detect material and take it's material colour as knowledge base where the material will be transported. After several robotic system test on the track build before test with several material colour, robot success to group material base on the material colour base on algorithm embedded on microcontroller ATmega32.

Keywords : Transportation Robot, Colour and Distance Sensor.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Pemilihan warna terkadang menjadi suatu masalah dalam menentukan ukuran warna jika dilihat secara langsung oleh mata manusia, hal ini terjadi jika mata manusia tersebut terkena buta warna, namun masih dapat melihat beberapa warna tertentu. Prinsip dasar warna dikelompokkan menjadi 3 warna dasar yaitu R-G-B (*Red, Green, Blue*) ini adalah ruang warna asli yang digunakan pada sistem grafis komputer. Ketiga warna dasar tersebut memiliki nilai angka dari warna tersebut sehingga akan membantu manusia dalam menentukan warna.

Untuk menentukan warna tersebut dibutuhkan sensor sebagai pendeteksi warna untuk mengubah menjadi nilai atau ukuran-ukuran warna, dari penjelasan tersebut maka akan dibuat sebuah perancangan pengendalian robot pendeteksi warna dan memindahkan barang secara otomatis.

Pengendalian robot sudah sangat beragam dan biasanya tergantung pada tujuan dan biaya yang akan dikeluarkan.

Pengendalian dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara manual dengan penekanan tombol kendali dan penerapan sensor sebagai pengendali tergantung situasi yang akan dikendalikan secara otomatis.

Pada tulisan ini akan diangkat permasalahan dalam pemisahan dan pemindahan barang yang memiliki beda warna, dalam pengendalian robot yang akan dirancang adalah robot pengangkut barang berdasarkan warna, sehingga dalam penyelesaiannya robot dapat membantu kerja manusia dalam pemisahan dan pengangkutan barang dengan beda warna.

Robot yang dirancang ini bekerja secara otomatis yang dikendalikan oleh program yang tanamkan pada *chip IC* menggunakan mikrokontroler AVR Atmega32 sebagai pengendali robot. Keunggulan dari rancangan robot adalah pengendalian secara otomatis yang terprogram dan pembacaan warna RGB memiliki 8 bit untuk masing-masing ketiga warna dasar, pembacaan nilai warna mencapai 0 s/d 255 sehingga pembacaan warna akan lebih banyak.

1.2. Studi Pustaka

Pada perancangan sebelumnya yaitu dari penelitian dengan judul Konveyor Pemisah Barang Berdasarkan Warna oleh Mustiko Adji, dengan sistem kerja berbentuk konveyor. Pemisah barang dalam penelitian ini menggunakan sistem *reject* atau menorong barang yang berjalan pada konveyor ke wadah sesuai dengan warna benda. Penelitian ini bertolak pada perancangan robot dalam pemisahan barang yang memiliki beda warna objek. Objek tidak lagi berada pada konveyor tetapi terletak bebas sesuai dengan tempat yang sudah ditentukan pada pengarah robot. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega32 yang tidak jauh berbeda dari segi fungsi dan konfigurasi *input* dan *output* nya, hanya pada kapasitas memori *flash* pada ATmega32 lebih besar. Untuk keseluruhan dari tujuan dibuat robot pemindah barang yaitu simulasi pemindahan barang dari arena pengambilan ke arena pemisahan warna barang. Dalam perancangan kali ini mengaplikasikan sensor warna dalam sebuah robot yang dapat bergerak mengikuti garis lintasan yang telah ditentukan warnanya.

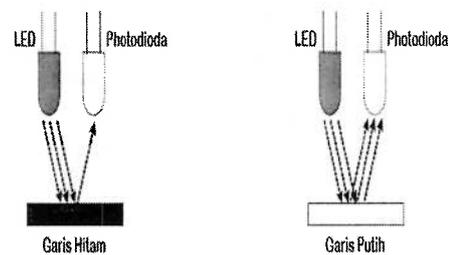
1.2.1. Mikrokontroler ATmega32

ATmega32 merupakan mikrokontroler generasi AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) yang memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*.

1.2.2. Sensor Pembaca Garis

Sebuah robot bergerak membutuhkan beberapa informasi disekitar robot agar dapat bekerja sesuai dengan keadaan sekitar robot, dalam tulisan ini robot berjalan mengikuti jalur lintasan menggunakan sensor garis atau sensor *proximity*. prinsip kerjanya sederhana, hanya memanfaatkan sifat cahaya yang

akan dipantulkan jika mengenai benda berwarna terang dan akan diserap jika mengenai benda berwarna gelap. Sebagai sumber cahaya menggunakan *Infrared*, dan untuk menangkap pantulan cahaya *Infrared*, menggunakan *photodiode*. Jika sensor berada diatas garis hitam maka *photodiode* akan menerima sedikit sekali cahaya pantulan *Infrared*. Tetapi jika sensor berada diatas garis putih maka *photodiode* akan menerima banyak cahaya pantulan. Berikut adalah ilustrasinya



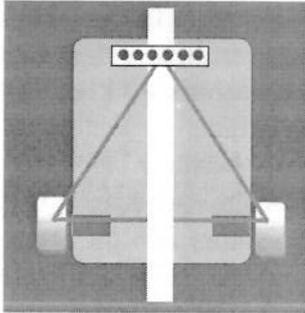
Gambar 1. Cahaya pantulan sedikit

Gambar 2. Cahaya pantulan banyak

Gambar 1. Pencahayaan Sensor Garis

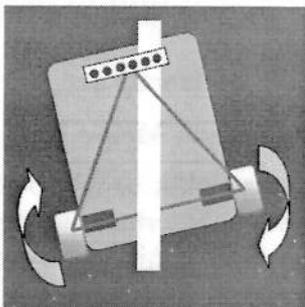
Sifat dari *photodiode* adalah jika semakin banyak cahaya yang diterima maka nilai resistansi diodanya semakin kecil. Dengan melakukan sedikit modifikasi, maka besaran resistansi tersebut dapat diubah menjadi tegangan. Sehingga jika sensor berada diatas garis hitam, maka tegangan keluaran sensor akan kecil, demikian pula sebaliknya.

Sensor garis yang digunakan sebanyak 6 pasang sensor yang disusun lurus dan diletakan pada bagian depan roda penggerak, dalam penataan perlu diperhatikan posisi kedua roda belakang. Sesuai ditunjukkan pada gambar 2. dibuat segitiga sama sisi untuk jarak antara kedua roda belakang dengan tengah sensor yang diletakan didepan. Hal ini dimaksudkan agar respon sensor dan gerakan robot lebih stabil.



Gambar 2. Peletakan Sensor Pembaca

Dalam pengendalian robot jika posisi garis tepat berada ditengah atau dapat di kondisikan 001100 maka kecepatan kedua motor diprogram dengan kecepatan maksimal atau *full speed*, tetapi jika pada posisi miring atau sensor tengah tidak mengenai garis maka kecepatan motor kanan dan motor kiri tidak sama agar robot dapat menemukan sensor pada bagian tengah. Jika sensor mengenai garis posisi sensor paling kanan maka motor kanan akan berputar kearah belakang dan motor kiri berputar kedepan sehingga robot bergerak kekanan garis sampai posisi lurus dengan garis lintasan



Gambar 3. Posisi Robot Scanning

Jika posisi semua sensor tidak mengenai garis maka akan berjalan sesuai program yang di set sebelumnya yaitu robot akan belok mencari garis kekiri atau kekanan tergantung dari sensor mana yang terakhir kali menyetuh garis sampai mendapatkan kembali sensor garis yang berada ditengah robot, metode tersebut digunakan agar robot tidak mengalami *error* baca garis yang semakin besar dan

dapat dikatakan metode pengingat jalur terakhir.

1.2.3. Sensor Warna

Ketika memandang suatu benda, cahaya dari benda itu merambat langsung ke mata kita. Warna benda tersebut adalah sinar yang dipantulkannya. Misalnya sebuah benda berwarna merah tampak berwarna merah ketika benda tersebut dikenai sinar putih karena semua spektrum warna kecuali sinar merah diserap oleh benda. Jadi hanya sinar merah yang dipantulkan oleh benda sehingga benda tersebut akan tampak berwarna merah.

Warna sinar dibedakan menjadi dua macam, primer dan sekunder. Warna primer yaitu warna yang didapat tanpa ada pencampuran warna, warna primer adalah merah, hijau, dan biru. Warna sekunder adalah warna yang didapat dari penggabungan dua warna primer, yang termasuk warna sekunder adalah kuning, sian dan magenta. Warna kuning dari pencampuran hijau dan merah, warna sian adalah pencampuran warna biru dan hijau, sedangkan warna magenta adalah pencampuran warna biru dan merah.

Dari prinsip pemantulan warna oleh benda tidak tampak tersebut maka dapat dipakai sebagai acuan pembuatan sensor warna yang memanfaatkan pemantulan terhadap warna benda yang akan dideteksi. Misalnya benda yang akan dideteksi adalah warna merah, maka digunakan penyinaran dengan warna merah sehingga pemantulan akan sempurna berwarna merah karena benda memantulkan warna merah. Hal ini akan mempermudah sensor *photodiode* dalam pembacaan warna dari intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek.

1.2.4. Sensor Jarak

Sensor jarak menggunakan SRF04 dengan memanfaatkan pantulan suara ultrasonik yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik, sensor yang tidak terpengaruh oleh cahaya, magnet dan suara. Walaupun sensor ini memanfaatkan suara namun

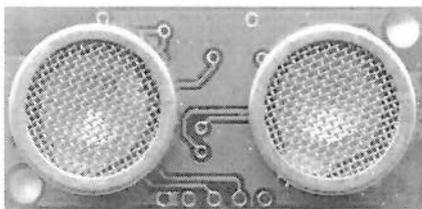
dalam prosesnya sensor ultrasonik menggunakan frekuensi tertentu dan dilengkapi komponen pemfilter suara sehingga suara yang tidak akan terpengaruh oleh suara yang biasa didengar oleh telinga manusia.

Pembagian frekuensi suara dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu :

- a. Suara Infrasonik : suara kurang dari 20 Hz
- b. Suara Audio : suara sekitar 20 Hz sampai dengan 20 KHz
- c. Suara Ultrasonik : suara yang lebih dari 20 kHz

Telinga manusia hanya mampu mendengar suara dalam rentang frekuensi antara 20Hz sampai dengan 20kHz. Sedangkan sensor SRF04 menggunakan suara ultrasonik 40kHz sehingga dalam frekuensi ini sensor tidak terganggu oleh suara audio, dan tidak mengganggu indra pendengaran manusia.

Sensor merupakan piranti yang dapat mengubah besaran tertentu yang ada dilingkungan sekitar menjadi besaran lain yang dapat dibaca oleh transduser. Sensor ultrasonik adalah salah satu alat yang dapat memancarkan gelombang suara ultrasonik dan menerima kembali gelombang tersebut jika terjadi pantulan dari gelombang yang dipancarkan. Dengan pemanfaatan pantulan ini dapat ditentukan jarak antara sensor dengan media pemantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkan.



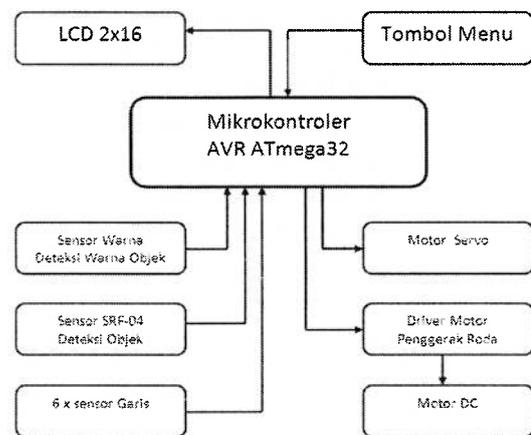
Gambar 4. Sensor jarak SRF04

Sensor SRF04 dapat dikelompokkan dalam sensor jarak yang akurat dalam pembacaan jarak yang memiliki keakuratan minimal ± 4 cm dan jarak maksimal 300 cm, sensor ini tidak terpengaruh pada cermin jika dibandingkan dengan sensor PING buatan Parallax.

Pada sensor ini memiliki 2 buah I/O yang terpisah, yaitu terminal *Trigger* atau pemicu gelombang ultrasonik 40 kHz dan terminal output pantulan penerima yang menghasilkan besaran listrik tertentu. Gelombang suara sebesar 40 kHz akan dipancarkan selama 200 μ s. Suara ini akan merambat diudara 344,424 m/detik (atau 1 cm setiap 29,034 μ s) mengenai suatu objek pantul atau dinding.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Perancangan Sistem

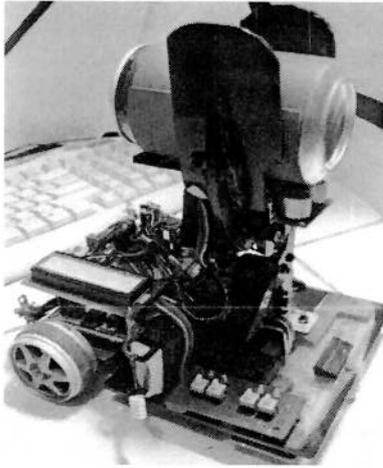


Gambar 2. Blok diagram sistem

2.2. Perancangan Hardware

2.2.1. Perancangan Mekanik

Robot pengangkut barang berdasarkan warna didesain sederhana mungkin agar robot tidak terlihat rumit dalam melakukan kerja. Perancangan robot ini didukung oleh rangkaian-rangkaian listrik yang membantu kinerja mikrokontroler untuk pengendali utama untuk semua sistem. Elektronik yang dirancang menyesuaikan dengan mekanik robot yang telah dibuat sehingga tidak menghabiskan tempat dalam pemasangannya, hal ini dimaksudkan agar robot terlihat sederhana dan rapi dalam perancangannya.



Gambar 6. Mekanik Robot

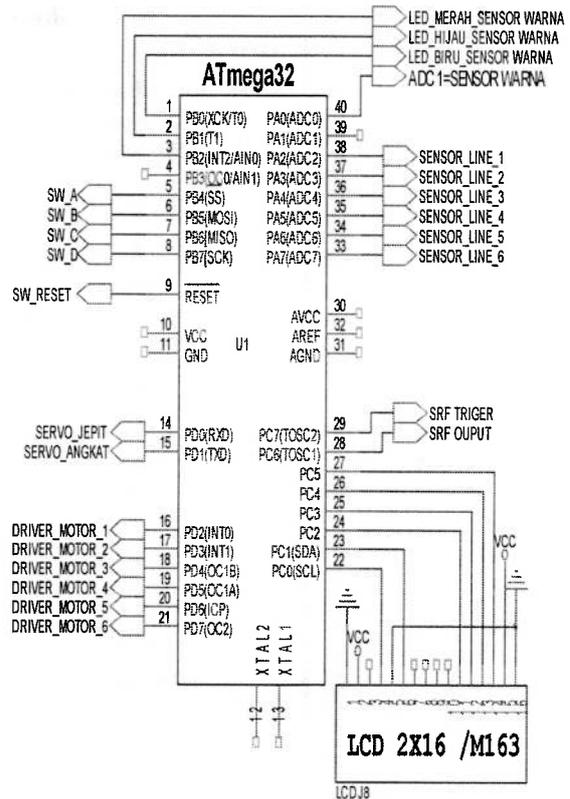
2.2.2. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega32

Rangkaian minimum sistem dari mikrokontroler adalah rangkaian osilator dan rangkaian reset. Rangkaian osilator digunakan untuk membangkitkan clock.

Pada rangkaian osilator ini digunakan Kristal 11,0592Mz dengan 2 kapasitor 22pf. Sedangkan rangkaian reset berfungsi untuk menjaga agar pin RST mikrokontroler selalu berlogika rendah saat mikrokontroler mengesekusi program. Mikrokontroler di reset pada transisi tegangan rendah ke tegangan tinggi oleh karena itu pada PIN RST dipasang kapasitor yang terhubung ke ground dan resistor ke VCC yang menjaga RST bernilai 1 saat pengisian kapasitor dan bernilai 0 saat kapasitor penuh. Pada saat sumber tegangan diaktifkan kapasitor terhubung singkat sehingga arus mengalir dari VCC langsung ke PN RST sehingga reset berlogika 1.

Kemudian kapasitor terisi hingga tegangan pada kapasitor sama dengan VCC pada saat ini kapasitor penuh. Dengan demikian tegangan reset akan turun menjadi 0 sehingga RST berlogika 0.

Nilai kapasitor dipilih 10µf agar pengisian muatan lebih cepat sehingga pin RST juga lebih cepat berlogika 0.



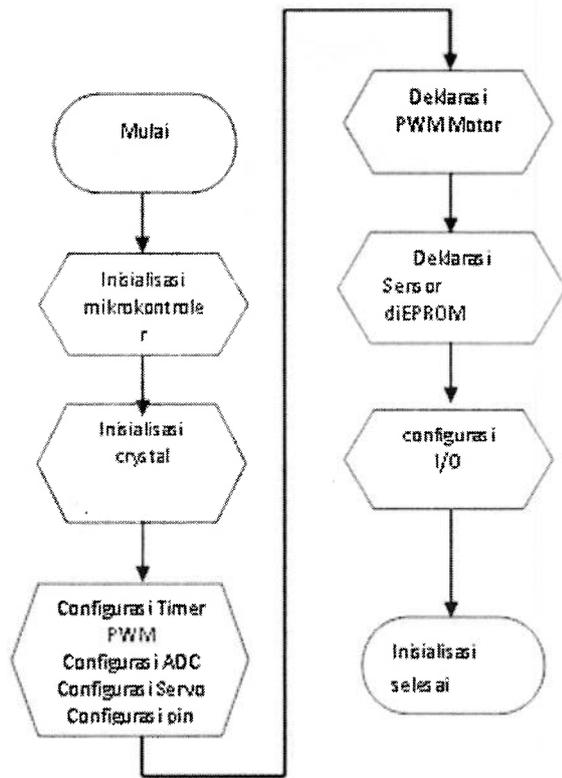
Gambar 7. Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega32

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan sekumpulan Perancangan perangkat lunak berisi tentang rancangan program mikrokontroler dan diagram alir (*flowchart*) tiap proses kerja robot untuk setiap bagiannya meliputi berbagai proses, antara lain:

- a. Pembacaan sensor garis dan kalibrasi
- b. Pengenalan objek dan proses pengangkutan
- c. Proses kontrol PWM motor
- d. Proses pemilihan jalan robot (*mapping*).

Pemrograman mikrokontroler dibuat menggunakan program *Basic Compiler (BASCOS)* AVR versi 1.11.9.5. Hasil pemrograman dari *BASCOS* AVR di-*compile* menjadi file berekstensi *.hex, yang akan di-*download* ke mikrokontroler ATmega32 dengan software PonyProg2000 atau sejenisnya.

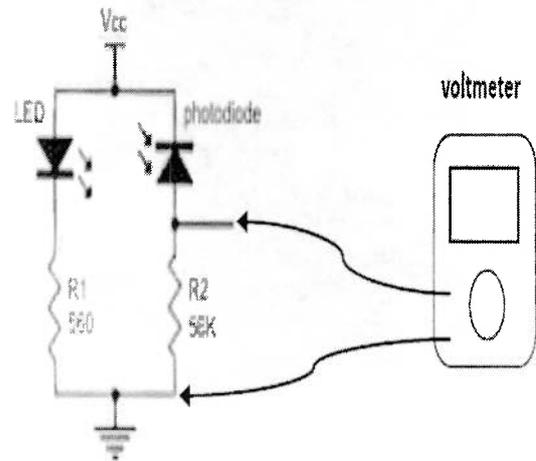


Gambar 8. Flowchart Rutin Utama

3. PENGUJIAN

3.1. Pengujian dan Analisis Sensor Garis

Sensor untuk mendeteksi garis lantai digunakan larik sensor *photodiode* berpasangan dengan LED *superbright* warna biru. Untuk mendeteksi pergeseran atau posisi robot terhadap garis digunakan 6 buah sensor secara berjejer dengan jarak antar sensor 12 mm dan jarak sensor dengan titik tengah kedua roda adalah 130 mm. Jarak ujung sensor tegak dengan lantai adalah 10 mm. Dalam robot ini digunakan sensor *photodiode* karena karakteristiknya yang paling memenuhi untuk sensor garis dan digunakan LED *superbright* sebagai sumber cahaya karena LED ini cukup terang untuk memberi pantulan pada lantai berwarna putih dan cahayanya cukup teredam oleh lantai berwarna hitam (garis).



Gambar 9. Pengukuran keluaran sensor garis

3.2. Pengujian sensor jarak

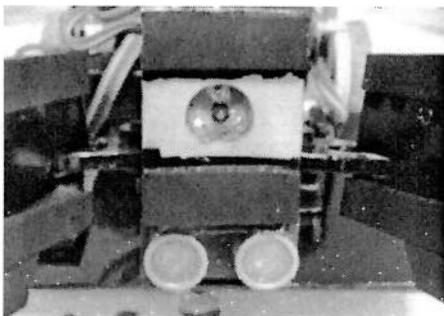
Pengujian sensor jarak dilakukan untuk mendapatkan nilai ke akuratan dalam pembacaan yang sesuai antara robot dan objek, serta untuk mengetahui jangkauan minimal dan maksimal sensor ultrasonik dengan objek, Pengujian dilakukan dalam posisi berhadapan langsung dengan objek, hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai pantul yang sempurna. Untuk membantu dalam menganalisa dan menentukan jarak yang diukur, maka dalam pengujian ini menggunakan tampilan modul LCD.

Tabel 1. Data Pengukuran SRF04

Data	Counter terukur (us)	Jarak pada LCD	Jarak sebenarnya (cm)	Jarak Dengan Rumus (cm)	Nilai error (Jarak sebenarnya – jarak dengan rumus)
1	298	5	5	5,1	-0,1
2	360	6	6	6,1	-0,1
3	585	10	10	10	0
4	705	12	12	12	0
5	878	15	15	15	0
6	996	17	17	17	0
7	1167	20	20	20	0
8	1281	22	22	22	0
9	1419	24	24	24	0
10	2323	40	40	40	0
11	3500	60	60	60	0

3.3. Pengujian Sensor Warna

Sensor untuk mendeteksi warna objek digunakan sensor *photodiode* berpasangan dengan tiga LED *superbright* warna merah, hijau, dan biru yang menyala bergantian. Karakteristik pemilihan jenis sensor dan rangkaian hampir sama dengan sensor garis pada pembahasan sebelumnya. Sensor ini dipasang pada lengan dan akan bekerja hanya pada saat proses pembacaan warna objek saja. Pembacaan nilai ADC dari keluaran sensor akan bergantian sesuai dengan warna yang sedang dipancarkan. Foto penempatan sensor warna akan ditunjukkan pada Gambar:



Gambar 10. Sensor warna dan peletakan sensor

Tabel 2. Data Pengukuran Sensor Warna objek Datar

NO Objek	Warna Objek	ADC LED Merah	ADC LED Biru	ADC LED Hijau
1	Merah	996	280	250
2	Biru	390	991	160
3	Hijau	500	993	330
4	Kosong	30	50	80

3.4. Pengujian sistem keseluruhan

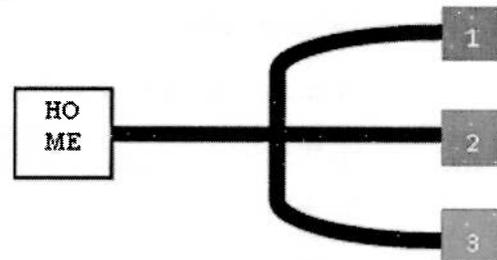
Dari proses perancangan dan pembuatan kerangka beserta komponen rangkain elektronika robot ini, kemudian robot diuji untuk melakukan proses pengangkutan barang berupa silinder ringan berdiameter 6 cm.

Proses awal mekanik robot adalah menguji pergerakan lengan yang terdiri dari 2 buah servo penggerak dan didapatkan hasil yang cukup baik dalam proses mengambil dan meletakkan objek. Percobaan selanjutnya menguji algoritma

mapping pada arena sesungguhnya yang terdiri dari *home* atau posisi awal start dan tiga posisi target yang diurutkan sesuai warna objek yaitu Merah, Hijau, dan Biru yang dipisahkan jalurnya oleh sebuah perempatan.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan kaleng dengan pewarnaan tertentu. Dari beberapa hasil pengujian, robot berhasil mengelompokkan benda dengan mengikuti garis yang sudah ditentukan pada perancangan (sepaimana terlihat pada gambar 11.) berdasarkan warna benda. Jika warna benda tidak dikenali, robot secara otomatis akan meletakkan kembali benda yang sudah diangkat sehingga benda yang tidak dikenali warnanya tidak dimasukkan ke wadah yang telah dikenali warnanya oleh robot.

Arena dapat ditunjukkan pada Gambar berikut:



Gambar 11. Arena Robot pengangkut barang

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil ujicoba penelitian pembuatan prototipe robot pengelompok dan peletak barang otomatis menggunakan sensor warna *RGB* dengan *ATMEGA32* ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Robot menggunakan sensor garis untuk untuk mengikuti trak atau jalur lintasan arena sebagai navigasi robot. Dengan menggunakan sensor ini robot dapat berjalan dengan cepat yang dikarenakan respon sensor garis yang cukup cepat sehingga sanga mendukung untuk robot yang berjalan cepat.
- b. Sensor warna yang dirancang menggunakan sensor *photodiode* yang

dipasangkan dengan 3 buah LED warna sebagai sumber pantulan cahaya objek yang akan dipantulkan pada objek tertentu. Dengan menggunakan sensor ini aplikasi robot tidak harus menggunakan sensor mahal namun dengan sensor yang murah cara membuatnya robot tidak kalah canggih dengan menggunakan sensor pabrikan.

- c. Setelah melakukan pengujian keseluruhan robot dapat menyelesaikan pemindahan barang cukup cepat dengan menggunakan motor DC *gearbox*, dan dapat lebih mudah untuk mengontrol faktor selip terhadap licinnya lantai.

DAFTAR PUSTAKA

Atmel Corporation. *ATMega32 Datasheet*. 25 Agustus 2008.

<http://labdasar.ee.itb.ac.id/lab/EL3006/0708/sem2/ATMega32.pdf>

Nalwan Andi Paulus. (2004). *Panduan Praktis Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632*. Jakarta: Elek Media Komputindo.

Datasheet ultra-sonic ranger Update - May 2003.

www.robotstorehk.com/srf04tech.pdf

Konsep Dasar Modul sensor warna. (2010)

<http://elektronikayuk.wordpress.com/2010/09/02/merakit-dan-memprogram-sensor-warna/>

Konsep Dasar pwm motor. (2010)

<http://projeckavr.wordpress.com/>

ANALISIS PREFERENSI INVESTOR DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN INVESTASI

Sri Indrawati¹⁾, Subagyo

¹⁾Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Kampus UII terpadu, Jl. Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta

E-mail : ¹⁾sriindrawati86@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this research is to determine factors and sub factors that generally being used in investment decision making and to get priority weight of each factors. Analytic Hierarchy Process is used as the method. This research is build up based on investor preference by questionnaires. From this research, investment risk (24,8%) have greatest priority weight factors. Highest compiler of investment risk factors is investment condition (43,4%). Second level factors, investment profitability factors (22,1%) with its highest compiler is payback period analysis (39,2%). Third factor that is product and competitiveness excellence (18,5%) with product social image as its highest compiler (38,6%). Fourth factor is market attractiveness (18%) with market growth as its highest compiler (37,8%). The last factor is technical ability (16,6%) with technology factor its highest compiler (57,7%).

Keywords: Project Ranking, Preferensi Investor, AHP

1. PENDAHULUAN

Proses evaluasi suatu alternatif investasi dengan skenario *mutually exclusive* membuat seorang investor akan berhadapan dengan situasi dimana suatu alternatif investasi harus diambil dan alternatif yang lain harus ditinggalkan. Situasi tersebut sangat kompleks karena kadang memuat beberapa informasi dan syarat yang berlawanan (Heiskanen, 2005). Dibutuhkan suatu metode pendekatan yang mampu menyederhanakan kasus evaluasi alternatif investasi yang bersifat kompleks.

Survei yang dilakukan oleh Cooper *et al.* (dalam Heiskanen, 2005) menyatakan bahwa analisis finansial mendominasi alasan pemilihan suatu alternatif investasi. Hasil dari penelitian serupa yang dilakukan oleh Drury dan Tayles (1997) terhadap 303 responden di UK, mengindikasikan bahwa 90% industri besar dan 35% industri kecil sering menggunakan parameter NPV dan IRR dalam mengevaluasi suatu alternatif investasi. Selain itu 86% dari industri yang diteliti masih menggunakan metode *payback period* yang dikombinasi dengan IRR dan NPV. Namun parameter paling

kritis dalam mengevaluasi alternatif investasi belum diketahui secara pasti.

Heiskanen (2005) menyatakan bahwa analisis finansial mengevaluasi proyek hanya melalui satu perspektif, yaitu profitabilitas investasi. Miller (2002) menyatakan bahwa ukuran profitabilitas memang sangat penting, namun faktor lain yang bersifat *intangibile* seperti *public image*, peraturan pemerintah serta pengaruh sosial ekonomi harus diikutsertakan dalam pemilihan alternatif investasi. Kennedy *et al.* (1994) juga menyatakan bahwa parameter kelayakan finansial yang sering digunakan seperti NPV dan IRR kurang mampu menganalisis secara tepat dalam mengevaluasi proyek dengan skenario *mutually exclusive*. Selain itu parameter NPV dan IRR tidak mampu menganalisis *intangibile benefit* yang dimiliki suatu alternatif investasi.

Pemilihan alternatif investasi dengan skenario *mutually exclusive*, perlu dilakukan peninjauan dari analisis kelayakan secara kuantitatif supaya terhindar dari subyektivitas investor, juga dilakukan pemilihan alternatif investasi secara kualitatif yang dapat

merepresentasikan *intangible benefit* yang dimiliki, sehingga pemilihan alternatif investasi dapat sesuai untuk mereproduksi alternatif investasi yang paling layak dilakukan. Analisis pemilihan alternatif investasi secara kualitatif dapat dilakukan dengan salah satu metode yang sering digunakan dalam proses pengambilan keputusan, yaitu *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode ini mempunyai dasar penyelesaian bahwa setiap faktor penyusun masalah akan dibandingkan secara relatif. Perbandingan secara relatif tersebut dilakukan berdasarkan bobot prioritas setiap atribut sehingga seorang pengambil keputusan mempunyai pedoman untuk memberikan penilaian atau prioritas perhatian terhadap beberapa alternatif keputusan dari suatu masalah.

1.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai analisis kelayakan investasi (*feasibility analysis*) melalui beberapa parameter kelayakan telah dilakukan. Para peneliti di *Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture* (SEARCA) pada tahun 1992 telah mengembangkan suatu prosedur untuk mengidentifikasi potensi komersial dari suatu produk olahan pertanian. Prosedur tersebut terdiri atas tiga kriteria terboboti (dalam Tim Evaluasi Kelayakan Usaha IPB, 2002):

- a. Kemampuan dipasarkan yang memuat evaluasi potensi permintaan komersial (40%)
- b. Kelayakan teknis yang mendiskripsikan evaluasi kinerja teknologi (30%)
- c. Profitabilitas yang digunakan untuk menentukan keuntungan financial (30%)

Pada tahun 2001, Cooper *et al.* (dalam Heiskanen, 2005) telah mengembangkan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam melakukan *project ranking* untuk semua jenis alternatif investasi, yaitu:

- a. *Strategic alignment and importance*
Dalam evaluasi ini, profil strategis perusahaan dan profil strategis alternatif investasi akan dibandingkan secara relatif. Tingkat kepentingan realisasi dari setiap alternatif juga harus dijabarkan.
- b. *Product and competitive advantage*
Analisis difokuskan untuk mengukur tanggapan konsumen dan keuntungan yang akan didapat konsumen dari produk yang akan diproduksi.
- c. *Market size and growth*
Memberikan evaluasi tentang ukuran dan pertumbuhan pasar serta kondisi persaingan dari setiap alternatif investasi.
- d. *Core competencies*
Mengukur kemampuan perusahaan dalam hal teknologi, distribusi dan pemasaran.
- e. *Technical feasibility*
Analisis dilakukan untuk mengukur kemampuan perusahaan dalam mengadopsi teknologi yang diperlukan untuk merealisasikan setiap alternatif investasi.
- f. *Financial rewards*
Mengukur kemampuan setiap alternatif investasi dalam memberikan profitabilitas bagi investor.

Miller (2002) telah melakukan penelitian serupa terhadap faktor penilaian investasi berbasis teknologi informasi, yaitu:

- a. *Customer*
Mengukur komitmen pasar potensial.
- b. *Strategy*
 - . *Profitability*, mengukur keuntungan proyek.
 - . *Process Improvement*, mengukur kemampuan proyek dalam meningkatkan performa aktivitas usaha berdasarkan fungsi waktu.
 - . *Employee Satisfaction*, mengukur kepuasan kerja dalam menjalankan proyek.

c. *Technology*

- . *Core Competency*, mengukur kemampuan teknis dalam menjalankan proyek.
- . *Cost Competitiveness*, mengukur kemampuan finansial organisasi dalam hal penyediaan fasilitas teknis yang dibutuhkan.
- . *Integration*, mengukur kemampuan proyek berintegrasi dengan teknologi yang telah ada.

d. *Delivery*

- . *Schedule*, mengukur kemampuan organisasi dalam hal ketepatan waktu penyelesaian proyek.
- . *Budget*, mengukur kemampuan organisasi dalam hal kesesuaian investasi dengan estimasi biaya sebelumnya.
- . *Quality*, mengukur kemampuan organisasi dalam memberikan alternatif solusi yang berkualitas.

Faktor-faktor yang telah dikembangkan oleh Miller (2002) tersebut secara garis besar memiliki kesamaan dengan faktor pertimbangan dalam melakukan *project ranking* yang dikembangkan oleh Cooper *et al.* (Dalam Heiskanen, 2005). Namun Miller (2002) menambahkan faktor *delivery* yang memuat kemampuan internal tim dalam mereproduksi suatu hasil kelayakan dari setiap alternatif investasi secara akurat. Dalam kedua penelitian tersebut, faktor pertimbangan dalam melakukan *project ranking* belum menyertakan bobot atau kontribusi masing-masing faktor terhadap penilaian akhir kelayakan setiap alternatif investasi.

Poh *et al.* (2001) mengklasifikasikan metode evaluasi proyek dalam dua kategori, yaitu (Dalam Heiskanen, 2005):

a. *Weighting and ranking methods*

Metode yang dapat digunakan adalah *Scoring method, AHP dan Comparative method.*

b. *Benefit-contribution methods*

Metode yang dapat digunakan adalah *Cost-benefit analysis, Economic analysis, Decision tree analysis.*

Metode *weighting and ranking* dapat mengukur *intangible benefits*, sedangkan *benefit-contribution methods* digunakan untuk mengukur *tangible benefits* yang terdapat dalam setiap proyek investasi. Frye (2006) juga menyatakan bahwa *capital rationing* dapat dilakukan dengan metode AHP yaitu dengan membuat suatu *pair-wise comparison* terhadap beberapa alternatif investasi. Dengan metode ini, keuntungan yang tidak dapat direpresentasikan oleh uang (*intangible benefits*) dimasukkan dalam proses pengambilan keputusan investasi. Beberapa faktor pertimbangan dalam melakukan *ranking* proyek yang telah dikembangkan memiliki faktor penyusun yang hampir sama. Faktor-faktor tersebut masih bersifat kualitatif dan belum menyertakan bobot setiap faktor kecuali yang telah dikembangkan SEARCA khusus untuk proyek agroindustri.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Metode *Analytical Hierarchy Process*

Unsur kualitatif yang merepresentasikan *intangible benefit* dalam pengambilan keputusan dari suatu permasalahan dapat diidentifikasi menggunakan metode AHP. Menurut Saaty (1988), setiap faktor penyusun masalah akan dibandingkan secara relatif sebagai dasar penyelesaian dari suatu masalah. Perbandingan secara relatif tersebut dilakukan untuk mendapatkan prioritas perhatian terhadap beberapa alternatif keputusan dari suatu masalah.

Mulyono (1996) berpendapat bahwa terdapat beberapa tahapan dalam penyelesaian masalah dengan metode AHP yang dikembangkan oleh Saaty (1961), yaitu:

- a. Pendefinisian masalah dan alternatif solusi.

- b. Penyusunan struktur hierarki yang memuat faktor, sub faktor, kriteria, dan kemungkinan alternatif solusi dengan urutan tingkatan dari atas kebawah.
- c. Penyusunan matriks *pairwise comparison*.
- d. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga didapatkan penilaian seluruhnya sebanyak $N \times \{(N-1)/2\}$ buah, dimana N adalah banyaknya faktor yang dibandingkan.
- e. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya. Jika nilai CR < 0,1 maka penilaian relatif yang dilakukan bersifat konsisten sehingga dapat dilakukan penilaian pada matriks yang terdapat pada tingkat dibawahnya. Jika nilai CR > 0,1 maka penilaian relatif bersifat tidak konsisten, dapat dilakukan revisi penilaian maksimal 2 kali. Proses perhitungan dilakukan dalam beberapa langkah, yaitu:
 $I(a) = \text{Matriks} \times \text{Priority Weights}$ (1)
 $\text{Vektor}(b) = (a) / \text{Priority Weights}$ (2)
 $\text{Max. Eigenvalue}(c) = \text{Vektor}(b) / N$ (3)
 $\text{Consist. index}(CI) = \{(c) - N\} / (N-1)$ (4)
 $\text{Consistency ratio} = CI / RI$ (5)
- f. Nilai random indeks (RI) terlihat pada Tabel 1., yaitu:

Tabel 1. Nilai Random Indeks (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Mengulangi langkah c, d, dan e untuk seluruh tingkat hierarki.

2.2. Metodologi Penelitian

Tahap awal dari penelitian ini adalah menyusun kuesioner berdasarkan studi literatur. Faktor-faktor yang digunakan dalam pengambilan keputusan investasi didefinisikan berdasarkan survei terhadap investor. Hasil survei tersebut diuji kecukupan, uji validitas dan reliabilitas data terlebih dahulu sebelum dilakukan pembobotan prioritas dari setiap faktor beserta elemennya. Secara sistematis, tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.3. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data berfungsi untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah mencukupi jumlahnya atau tidak untuk merepresentasikan populasi. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan yang sesuai dengan tujuan penelitian (Subiyakto, 2001). *Sampling* tersebut dilakukan berdasarkan pemilihan subyek yang memiliki posisi terbaik untuk memberikan informasi yang diinginkan dalam penelitian.

Besarnya sampel dapat dihitung berdasarkan rumus (Walpole *et al.*, 1998):

$$N = \left(\frac{t_{\alpha/2} s}{E} \right)^2 \quad (6)$$

Dengan,

- N = ukuran sampel
- s = standard deviasi sampel
- E = persen kelonggaran
- $t_{\alpha/2}$ = Nilai t tabel
- α = Persen keyakinan

Pada penelitian ini digunakan tingkat signifikansi (α) 5% dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

2.4. Uji Validitas dan Reliabilitas Data Kuesioner

Menurut Azwar (2006), validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya. Validitas dari suatu alat ukur dapat dinyatakan melalui koefisien validitas. Jika skor pada tes diberi lambang x dan skor pada kriterianya mempunyai lambang x' maka koefisien antara tes dan kriteria itu adalah $r_{xx'}$. Koefisien validitas diperoleh dari perhitungan statistika antara skor tes dengan skor kriteria yang besarnya disimbolkan oleh $r_{xx'}$ tersebut. Koefisien tersebut digunakan untuk menyatakan tinggi-rendahnya validitas suatu alat ukur. Koefisien validitas tidak akan pernah

mencapai angka maksimal atau mendekati angka 1.

Koefisien validitas dapat dicari dengan menggunakan rumus Hoyt (Azwar, 2006):

$$r_{xx'} = 1 - \frac{s_e^2}{s_s^2} \quad (7)$$

$$s_e^2 = \frac{\sum I - (\sum X^2)/K - (\sum Y^2)/n + (\sum I)^2/nK}{(n-1)(K-1)} \quad (8)$$

$$s_s^2 = \frac{(\sum X^2)/K - ((\sum I)^2/nK)}{n-1} \quad (9)$$

Dengan,

$r_{xx'}$ = koefisien validitas

s_e^2 = varians error

s_s^2 = varians antar subyek

I = skor seorang responden terhadap suatu item

X = jumlah skor seorang responden terhadap seluruh item

Y = jumlah skor seluruh responden terhadap satu item

K = banyaknya item

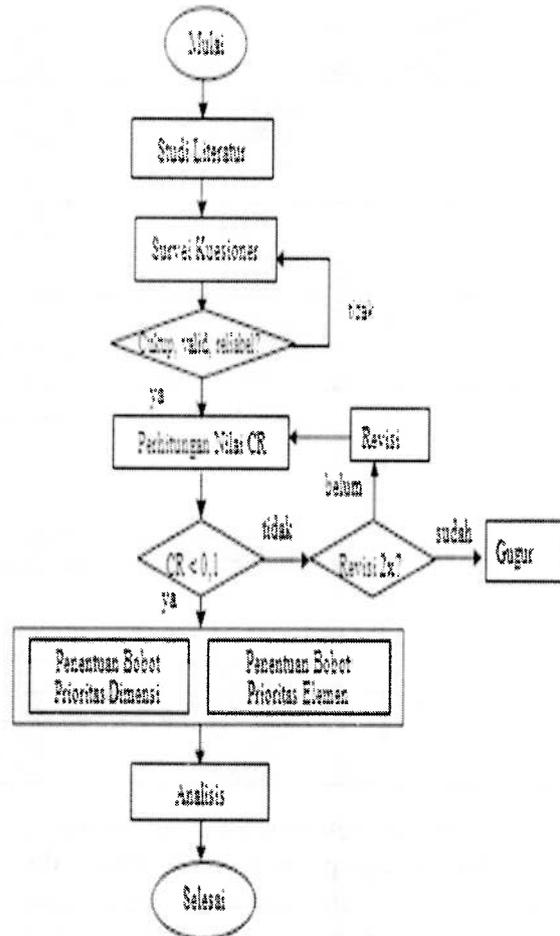
n = banyaknya responden

Uji reliabilitas adalah istilah yang dipakai untuk menunjukkan sejauh mana suatu hasil pengukuran relatif konsisten apabila pengukuran diulang dua kali atau lebih. Reliabilitas dari suatu alat ukur merupakan akar kuadrat dari koefisien validitasnya. Dasar uji validitas dan reliabilitas dalam penilaian jawaban kuesioner dengan menggunakan metode AHP, dihitung melalui nilai *Consistency Ratio* atau CR (Saaty, 1988).

2.5. Hasil dan Pembahasan

Faktor pertimbangan dalam pemilihan alternatif investasi seperti pada Tabel 2 dipengaruhi oleh lima faktor utama. Faktor pertama adalah tingkat resiko investasi (24,8%) yang terdiri atas tiga sub faktor. Sub faktor resiko bencana alam (24,4%) yang berkaitan dengan kondisi geografis lokasi produksi dan pemasaran. Sub faktor iklim investasi (43,4%) menggambarkan

kondisi ekonomi makro, sosial dan politik suatu negara.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Preferensi Investor Menggunakan Metode AHP

Sub faktor sensitivitas profitabilitas investasi (32,2%) berkaitan dengan tingkat perubahan profitabilitas yang akan terjadi ketika salah satu atau beberapa *independent* variabel berubah terhadap waktu. Faktor resiko investasi menjadi kunci utama karena suatu proyek investasi umumnya menyerap dana yang cukup besar. Sehingga diperlukan kecermatan untuk meminimalkan faktor resiko kegagalan investasi dalam proses evaluasinya.

Kompetisi pasar saat ini cukup ketat karena semakin banyak jenis produk dengan berbagai merek yang berbeda.

Tabel 2. Bobot Prioritas Faktor dan Sub Faktor Pemilihan Alternatif Investasi

Tingkat 2			Tingkat 3				Tingkat 4			
			Tanpa Sub Faktor SDM		Dengan Sub Faktor SDM		Kriteria Penunjang	Bobot Prioritas	Urutan	
Faktor	Bobot Prioritas	Urutan	Sub Faktor	Bobot Prioritas	Urutan	Bobot Prioritas				Urutan
Tingkat Risiko Investasi	0,245	I	Efektif Investasi	0,454	I	0,434	I			
			Bencana Alam	0,244	III	0,244	III			
			Sensitivitas Profitabilitas Investasi	0,322	II	0,322	II			
Produk & Keunggulan Kompetitif	0,185	III	Juga Masyarakat	0,306	I	0,306	I			
			Level Pemenuhan Produk	0,299	III	0,299	III			
			Nilai Kompetitif Produk	0,315	II	0,315	II			
Market Attractiveness	0,180	IV	Ukuran Pasar	0,261	III	0,261	III			
			Pertumbuhan Pasar	0,378	I	0,378	I			
			Kecenderungan Pasar	0,360	II	0,360	II			
Kemampuan Teknis	0,166	V	Aspek Teknologi	0,377	I	0,341	I			
								Fleksibilitas Perubahan Produk	0,343	I
								Kemudahan Pengoperasian	0,327	III
								Dampak Lingkungan Hidup	0,330	II
								Aspek Bahan Baku	0,423	II
								Ketersediaan Bahan Baku	0,387	I
								Stabilitas Harga	0,371	II
					Struktur Fisik & Kimia	0,342	III			
Profitabilitas Investasi	0,221	II	Aspek SDM	-	-	0,328	III			
			Analisis <i>Feedback period</i>	0,392	I	0,392	I			
			Analisis NPV	0,280	III	0,280	III			
			Analisis IFR	0,328	II	0,328	II			

Produk dan keunggulan kompetitifnya merupakan faktor penentu daya tarik laba jangka panjang intrinsik dari suatu pasar atau segmen pasar. Faktor produk dan keunggulan kompetitif (18,5%) terbagi menjadi tiga sub faktor. Sub faktor *image* masyarakat (38,6%) berkaitan dengan tingkat penerimaan masyarakat terhadap jenis atau karakter suatu produk. Sub faktor nilai kompetitif produk dengan harga (31,5%) yang ditawarkan menggambarkan posisi kualitas dan harga produk dengan produk kompetitor maupun produk pengganti. Sub faktor pemenuhan produk (29,9%) terhadap kebutuhan dan kepuasan pasar yang dimaksud menjelaskan perbandingan fitur produk yang akan diproduksi dengan fitur produk kompetitor.

Faktor *market attractiveness* (18%) terdiri dari tiga sub faktor. Sub faktor ukuran pasar (26,1%) berkaitan dengan pangsa pasar yang akan diraih. Sedangkan pertumbuhan pasar (37,8%) merupakan kecenderungan pertumbuhan pasar

potensial dari suatu produk sub faktor kekuatan persaingan (36%) yang dimaksud berkaitan dengan keberadaan produk sejenis dan kekuatan merk kompetitor. Apabila hasil analisis faktor *market attractiveness* menyatakan bahwa produk yang akan ditawarkan, sulit diterima oleh pasar potensialnya, maka rencana usaha tersebut dianggap tidak layak untuk diimplementasikan.

Produk dapat dikatakan layak secara teknis jika sesuai dengan kemampuan teknis perusahaan berupa kesesuaian dengan desain dan kapasitas penggunaannya. Faktor kemampuan teknis (16,6%) terdiri atas dua sub faktor. Sub faktor teknologi berkaitan dengan fleksibilitas peralatan dalam merespon perubahan dari segi proses produksi, yang akan mempengaruhi kuantitas maupun kualitas produk. Selain itu sub faktor ini juga berkaitan dengan kemudahan penggunaan dan pemeliharannya serta termasuk di dalamnya faktor dampak lingkungan hidup. Sub faktor bahan baku

berkaitan dengan kontinuitas dan kemudahan memperoleh bahan baku, stabilitas harga serta sifat fisik dan kimia. Sub faktor yang ketiga, yaitu SDM hanya merupakan sub faktor tambahan untuk mengevaluasi terjadi atau tidaknya *rank reversal* dalam pemilihan alternatif investasi.

Profitabilitas investasi dapat mendeskripsikan keuntungan finansial yang dapat diperoleh investor atas sejumlah uang yang diinvestasikan. Faktor profitabilitas investasi (22,1%) terdiri dari tiga sub faktor. Sub faktor *payback period* (39,2%) berkaitan dengan waktu minimum untuk mengembalikan investasi awal dan umur ekonomis investasi. Sub faktor *net present value* (28%) merupakan selisih nilai sekarang dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan kas bersih dimasa yang akan datang. Sub faktor *internal rate of return* (22,1%) yang dimaksud berkaitan dengan tingkat pengembalian yang menghasilkan *net present value* sama dengan nol.

3. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beberapa faktor yang umum digunakan dalam pengambilan keputusan investasi beserta bobot prioritasnya adalah:
 - a. Tingkat resiko investasi (24,8%).
 - b. Profitabilitas Investasi (22,1%).
 - c. Produk dan Keunggulan Kompetitif (18,5%).
 - d. *Market Attractiveness* (18%).
 - e. Kemampuan Teknis (16,6%).
2. Sub faktor yang paling umum digunakan dalam pengambilan keputusan investasi beserta bobot prioritasnya adalah:
 - a. Tingkat resiko investasi dengan sub faktor Iklim Investasi (43,4%).
 - b. Profitabilitas Investasi dengan sub faktor Analisis *Payback Period* (39,2%).

- c. Produk Dan Keunggulan Kompetitif dengan sub faktor *Image* Masyarakat (38,6%).
- d. *Market Attractiveness* dengan sub faktor Pertumbuhan Pasar (bobot prioritas 37,8%).
- e. Kemampuan Teknis dengan sub faktor Aspek Teknologi (bobot prioritas 57,7%).

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, S., (2006), *Reliabilitas dan Validitas*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Drury, C., Tayles, M., (1997), *The Misapplication Of Capital Investment Appraisal Techniques*, London.
- Frye, D.C, (2006), , Sye 6025 *Engineering Economics*, Comparison Of Alternative, www.ualr.edu, diakses pada tanggal 2 Maret 2007.
- Heiskanen, J., (2005), *Project Evaluation Methods For R&D Portfolio Management*, www.bmo.com, diakses pada tanggal 21 Februari 2007.
- Kennedy, W.F., Plath, D.A., (1994), *Healthcare Financial Management*, *Westchester, Investment Analysis Journal*, Vol.48.
- Miller, B., (2002), *Portfolio Management Linking Corporate Strategy To Project Priority & Selection*, www.pmsolutions.com, diakses pada tanggal 26 Maret 2007.
- Mulyono, S., (1996), *Teori Pengambilan Keputusan*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Saaty, T.L., (1988), *The Analytic Hierarchy Process*, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Subiyakto, H., (2001), *Statistika Inferen Untuk Bisnis*, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi YKPN, Yogyakarta.

Tim Evaluasi Kelayakan Usaha IPB, (2002), *Landasan Penilaian Kelayakan Usaha Agroindustri*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Walpole, R.E., Myers, R.H., and Myers, S.L., (1998), *Probability and Statistics for Engineers and Scientist*, 6th edition. Prentice-Hall, New Jersey.

PEDOMAN PENULISAN

Lingkup Jurnal. Tulisan yang dapat dimuat adalah yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan bidang Teknik Kimia, Teknologi Tekstil, Teknik dan Manajemen Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro serta Teknik Mesin.

Jenis Makalah. Tulisan yang ditampilkan dapat berupa laporan penelitian ataupun makalah ilmiah bukan penelitian seperti laporan studi kasus atau kajian pustaka komprehensif. Laporan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan (latar belakang, tujuan, hipotesis, konsep-konsep kunci), metodologi penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan, serta daftar pustaka. Makalah ilmiah bukan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Panjang tulisan. Panjang tulisan berkisar antara 8-12 halaman berukuran A4 spasi tunggal termasuk tabel dan gambar serta lampiran. Tulisan dapat dikirimkan melalui e-mail ke teknoin@fti.uui.ac.id.

Abstrak. Panjang abstrak maksimum 200 kata dengan disertai dengan 3-5 kata kunci pada bagian akhir abstrak. Untuk tulisan dalam bahasa Indonesia abstrak dibuat dalam bahasa Inggris, dan sebaliknya. Abstrak tidak bersifat matematis dan memuat masalah penelitian, metodologi, hasil, dan kesimpulan.

Tabel dan Gambar. Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul, serta harus diacu dalam tulisan.

Persamaan. Persamaan matematika diberi nomor urut dalam kurun, (x), dengan dituliskan rata kanan.

Kutipan. Cara penulisan sumber kutipan adalah dengan format (nama, tahun) pada akhir

kutipan. Sumber kutipan yang ditulis oleh 2 orang menggunakan format (nama1 dan nama2, tahun), sedangkan yang ditulis oleh 3 orang dan lebih menggunakan format (nama1 dkk., tahun) atau (nama1 et. al., tahun).

Daftar Pustaka. Daftar pustaka diurutkan berdasarkan nama pengarang dan hanya memuat pustaka yang dikutip dalam tulisan. Nama pengarang dituliskan tanpa gelar, serta nama depan dan tengah, jika ada, disingkat. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka.

Buku

Elsayed, E.A., dan Boucher, T.O. (1994) *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall, New Jersey.

Buku yang ditulis oleh lembaga

Modern Language Association (1984) *MLA Handbook of Writers of Research Papers, Theses and Dissertations*. Modern Language Association, New York.

Buku suntingan

Mammone, R.J., ed. (1993) *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London.

Bagian dari buku suntingan dengan penulis berbeda

Girosi F. dan Ilotti, G.A. (1993) Rates of Convergence for Radial Basis Functions and Neural Network, dalam Mammone, R.J., ed., *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London, 97-114.

Artikel Jurnal

Chen, S., Cowan, C.F.N., dan Grant, P.M. (1991) Orthogonal Least Squares Learning Algorithm for Radial Basis Function Network. *IEEE Transaction on Neural Network*. Vol.2, No.3. Pp:302-309.

ISSN 0853-8697



9 770853 869710