

Penerapan Data Mining untuk Memprediksi Mahasiswa Drop Out Menggunakan Support Vector Machine

Suprpto
Fakultas Ilmu Komputer, Universitas AKI

Abstrak

Students are one important asset in a university, especially in private universities. The trends of acquired new students for private universities in Indonesia has declined and made new-enrollment process more challenging than ever before. The trend of a late forfeit of registration makes it difficult for one university to predict the number of their new intake students in every new academic year. This research attempts to predict whether one prospective student will likely to continue their study or not, using a data mining method called ID3 algorithm. Set of rules will be created as a basis to be compared with new data which at the end will result in a prediction of whether a student will continue their study(registration process) or not. The output of this DSS System will be implemented in the Promotion Div of New Student Intake (HUMAS/PPMB) as the management will take further step in anticipating each year's new student intake target.

Keywords: Data Mining, DSS System, Support Vector Machine, ID3 Algorithm

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Perguruan tinggi kesulitan mendapatkan informasi mengenai jumlah mahasiswa baru yang akan resgistrasi dari daftar mahasiswa yang sudah dinyatakan lulus dalam seleksi penerimaan mahasiswa baru. Hal ini biasa terjadi di perguruan tinggi swasta dikarenakan biasanya perguruan tinggi swasta bukan menjadi pilihan pertama, sehingga apabila mereka diterima di perguruan tinggi negeri, maka biasanya perguruan tinggi swasta tersebut ditinggalkan tanpa pemberitahuan meskipun mereka sudah dinyatakan diterima. Biasanya hal ini baru dapat

diketahui pada akhir periode penerimaan mahasiswa baru, atau pertengahan semester 1. Hal ini akan menjadi sangat terlambat untuk mengambil tindakan apabila ternyata mahasiswa baru yang registrasi sangat sedikit jumlahnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membantu pihak perguruan tinggi swasta, khususnya dalam hal memprediksi jumlah kemungkinan mahasiswa yang akan melakukan registrasi ulang secepat mungkin.

1.3 Rumusan Masalah

Pihak perguruan tinggi kesulitan mengetahui jumlah mahasiswa yang akan

registrasi dari sejumlah calon mahasiswa yang sudah dinyatakan lolos seleksi penerimaan mahasiswa baru. Dengan tidak diketahuinya mahasiswa yang akan registrasi, maka pihak-pihak perguruan tinggi tidak dapat mengetahui dengan pasti kapan jumlah target penerimaan mahasiswa baru tercapai. Hal ini dikarenakan jumlah mahasiswa yang telah dinyatakan lolos seleksi penerimaan mahasiswa baru, tidak menggambarkan jumlah mahasiswa yang akan melakukan registrasi. Apabila hal tersebut baru diketahui pada akhir proses penerimaan mahasiswa baru akan mengakibatkan target menjadi tidak tercapai. Hal ini juga dapat menjadi gangguan dalam hal finansial, karena biasanya pembiayaan perguruan tinggi swasta sebagian besar dari dana yang didapatkan dari mahasiswa.

Data Mining adalah kegiatan yang meliputi pengumpulan, pemakaian data historis untuk menemukan keteraturan, pola dan hubungan dalam set data berukuran besar. Kegunaan data mining adalah untuk menspesifikasikan pola yang harus ditemukan dalam tugas data mining. Kehadiran data mining dilatar belakangi dengan problema data

explosion yang dialami akhir-akhir ini dimana banyak organisasi telah mengumpulkan data sekian tahun lamanya (data pembelian, data penjualan, data nasabah, data transaksi dsb.)

2. Landasan Teori

Definisi Data Mining
Data mining adalah suatu istilah yang digunakan untuk menguraikan penemuan pengetahuan di dalam database. Data mining adalah proses yang menggunakan teknik statistic, matematika, kecerdasan buatan, dan machine elarning untuk mengekstrasi dan mengidentifikasi informasi yang bermanfaat dan pengetahuan yang terkait dari berbagai database besar [Turban, 2005].

Inti dari data mining adalah kegiatan penggalian pengetahuan data. Pengertian dari istilah lain yang hampir mirip dengan data mining adalah Knowledge discovery dan pattern recognition.

*Knowledge discovery : menemukan pengetahuan dari bongkahan data yang masih tersembunyi

*pattern recognition : pengenalan pola. Pengetahuan yang digali masih berbentuk pola-pola yang mungkin masih perlu

digali dalam bongkahan data Pengelompokan Data Mining Data mining dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan tugas yang dapat dilakukan , yaitu

1.Deskripsi

Menggambarkan sekumpulan data secara ringkas. Data yang digambarkan berupa:

- Deskripsi grafis : diagram titik, histogram
- deskripsi lokasi : mean(rata-rata), median(nilai tengah), modus, kuartil, persentil
- Deskripsi keberagaman : range(rentang), varians dan standar deviasi

2.Estimasi

Memperkirakan suatu hal dari sejumlah sample yang kita miliki(yg tidak kita ketahui)

Estimasi hampir sama dengan klasifikasi, kecuali variable target. Estimasi lebih kearah numeric dari pada kearah kategori.

3.Prediksi

Prediksi hampir sama dengan klasifikasi dan estimasi, kecuali bahwa dalam prediksi nilai dari hasil akan ada dimasa datang(memperkirakan hal yang belum

terjadi). Kita bisa menunggu hingga hal itu terjadi untuk membuktikan seberapa tepat prediksi kita

4. Klasifikasi
Klasifikasi kegiatan menggolongkan, dengan menggunakan data historis(sebagai data yang digunakan untuk latihan dan sebagai pengalaman).Dalam klasifikasi terdapat variabel prediktor dan target variable,

5.Pengklusteran

Pengklusteran merupakan pengelompokan record, pengamatan atau memperhatikan dan membentuk kelas objek-objek yang memiliki kemiripan. Kluster adalah kumpulan record yang memiliki kemiripan satu dengan yang lainnya dan memiliki ketidak miripan dengan record-record dalam cluster.

6.Asosiasi

Tugas asosiasi dalam data mining adalah menemukan atribut yang muncul dalam satu waktu. Dalam dunia bisnis lebih umum disebut analisis keranjang biasa.

Berdasarkan pengelompokan data mining tersebut, masing masing memiliki kelompok fungsi antara lain:

- Fungsi Minor (tambahan) : deskripsi, estimasi, prediksi
- Fungsi Mayor (utama) : klasifikasi, pengelompokkan, estimasi

Knowledge Discovery In Database (Penemuan Pengetahuan dalam Database)

Data mining digambarkan sebagai proses pencarian pengetahuan yang menarik dalam database seperti pola, asosiasi, aturan, perubahan, keganjilan dan struktur penting dari sejumlah besar data yang disimpan pada bank data dan tempat penyimpanan informasi lainnya. Berikut merupakan proses KDD

1. pemilihan data (data selection), pemilihan data relevan yang didapat dari basis data;
2. pembersihkan data (data cleaning), proses menghilangkan noise dan data yang tidak konsisten atau data tidak relevan;
3. pengintegrasian data (data integration), penggabungan data dari berbagai basis data ke dalam satu basis data baru;
4. transformasi data, data diubah atau digabung ke dalam format yang sesuai untuk diproses dalam data mining;
5. data mining, suatu proses di mana metoda diterapkan untuk menemukan pengetahuan berharga dan tersembunyi

- dari data;
6. evaluasi pola (pattern evaluation), untuk mengidentifikasi pola-pola menarik untuk di representasikan kedalam knowledge based;
7. representasi pengetahuan (knowledge presentation), visualisasi dan penyajian pengetahuan mengenai teknik yang digunakan untuk memperoleh pengetahuan yang diperoleh pengguna

Langkah-langkah Data mining

1. Identity The Business Problem

Yang pertama dan juga dasar dari virtuous cycle adalah mengetahui masalah bisnis yang kita hadapi. Karena kita tidak bisa mengolah data jika kita tidak tau yang sedang kita hadapi. Kita harus mengetahui masalah-masalah apa yang sedang dihadapi. Dengan mengetahui masalah yang dihadapi kita dapat menentukan data-data mana saja yang kita butuhkan untuk dapat dilakukan tahap analisa.

2. Mine The Data For Actionable Information

Setelah mengetahui identifikasi masalah, kita memperoleh data-data mana saja yang diperlukan untuk analisa. Barulah kita melakukan analisa terhadap data-data tersebut. Dan dari analisa tersebut analisis

akan dapat memperoleh sebuah knowledge baru dan baru lah dapat diambil suatu keputusan/kebijaksanaan.

3. Take The Action

Dan dari keputusan/kebijaksanaan yang didapat dari proses data mining itu barulah kita terapkan dengan aksi berupa tindakan-tindakan yang kongkrit/nyata dalam proses bisnis.

4. Measure Results

Setelah diambil tindakan-tindakan dan keputusan, kita memonitori hasil tersebut. Apakah sudah sesuai(memuaskan) dengan target2 yang ingin kita capai, apakah bisa mengatasi masalah-masalah yang dihadapi.

Teknik-teknik/Jenis-jenis DataMining

1. Market Basket Analysis

Himpunan data yang dijadikan sebagai objek penelitian pada area data mining. Market basket analysis adalah proses untuk menganalisis kebiasaan pelanggan dalam menyimpan item-item yang akan dibeli ke dalam keranjang belanjannya. Market basket analysis memanfaatkan data transaksi penjualan untuk dianalisis sehingga dapat ditemukan pola berupa

item-item yang cenderung muncul bersama dalam sebuah transaksi. Selanjutnya pola yang ditemukan dapat dimanfaatkan untuk merancang strategi penjualan atau pemasaran yang efektif, yaitu dengan menempatkan item-item yang sering dibeli bersamaan ke dalam sebuah area yang berdekatan, merancang tampilan item-item di katalog, merancang kupon diskon (untuk diberikan kepada pelanggan yang membeli item tertentu), merancang penjualan item-item dalam bentuk paket, dan sebagainya. Dengan menggunakan teknologi data mining, analisis data secara manual tidak diperlukan lagi.

2. Memory-Based Reasoning

Metode klasifikasi yang digabungkan dengan penalaran berbasis memori. proses menggunakan satu set data untuk membuat model dari prediksi atau asumsi-asumsi yang dapat dibuat tentang objek baru yang diperkenalkan. Ada dua komponen dasar untuk metode MBR. Yang pertama adalah kesamaan fungsi, yang mengukur bagaimana anggota yang sama dari setiap pasangan object satu sama lain. Yang kedua adalah fungsi kombinasi, yang digunakan untuk menggabungkan hasil dari himpunan

tetangga untuk sampai pada keputusan.

3. *Cluster Detection*

Ada dua pendekatan untuk clustering. Pendekatan pertama adalah dengan mengasumsikan bahwa sejumlah cluster sudah tersimpan dalam data, tujuannya adalah untuk memecah data ke dalam cluster. Pendekatan lain, disebut clustering agglomerative, dengan asumsi keberadaan setiap jumlah yang telah ditetapkan cluster tertentu, setiap item keluar di cluster sendiri, dan proses terjadi berulang-ulang yang berupaya untuk menggabungkan cluster, meskipun proses komputasi sama.

4. *Link Analysis*

proses mencari dan membangun hubungan antara object dalam kumpulan data juga mencirikan sifat yang terkait dengan hubungan antara dua object. Link Analysis berguna untuk aplikasi analitis yang mengandalkan teori grafik untuk mengambil kesimpulan. Selain itu Link Analysis berguna untuk proses optimasi.

5. *Rule Induction*

Ekstraksi aturan sebab-akibat dari data secara statistic. identifikasi aturan bisnis yang tersimpan di dalam data. Metode berhubungan dengan induksi aturan yang digunakan untuk proses penemuan. Salah

satu pendekatan untuk penemuan aturan adalah menggunakan pohon keputusan.

6. *Neural Networks*

model prediksi non linear yang melakukan pembelajaran melalui latihan dan menyerupai struktur jaringan neural yang terdapat pada makhluk hidup. Mampu menurunkan pengertian dari data yang kompleks dan tidak jelas dan dapat digunakan pula untuk mengekstrak pola dan mendeteksi tren yang sangat kompleks untuk dibicarakan baik oleh manusia maupun teknik komputer lainnya.

6 Tugas Data Mining (Six Tax Data Mining)

Classification - Menyusun data menjadi kelompok-kelompok yang telah ditentukan, yang melibatkan dengan memeriksa atribut-atribut dari suatu objek tertentu dan menetapkannya ke kelas yang telah didefinisikan.

Estimation - proses untuk menempatkan beberapa nilai numerik secara terus suatu objek, estimasi juga dapat digunakan sebagai bagian dari proses klasifikasi.

Prediction - berbeda dengan Estimation dan Classification, Prediction adalah

upaya-upaya untuk mengklasifikasikan suatu objek berdasarkan dari behaviour yang akan ditentukan(diharapkan) dari candidate behaviour.

Affinity Grouping - proses yang mengevaluasi hubungan atau asosiasi antara unsur-unsur data berupa attribute atau behaviour data yang menunjukkan beberapa tingkat afinitas antar objek.

Clustering - sama seperti klasifikasi tetapi kelompok yang tidak/belum di tentukan standarnya, sehingga secara algoritma data tersebut akan dikelompokan berdasarkan data yang serupa dengan data yg di submit.

Description - proses yang menggambarkan apa yang telah terjadi dan di identifikasi atau proses yang menjelaskan hasil akhir dari jalannya proses data mining.

Jenis-jenis Tugas Data Mining

1. Classification [Predictive]
2. Clustering [Descriptive]
3. Association Rule Discovery [Descriptive]
4. Regression [Predictive]

5. Deviation Detection [Predictive]

Penggunaan Data Mining

Data mining digunakan di banyak tempat, dan bidang penerapannya juga dapat bermacam macam, misalnya:

1. Militer menggunakan data mining untuk mempelajari apa saja yang menjadi fator utama dalam ketepatan sasaran pengeboman
2. Agen intelejen dapat mengaplikasikan data mining dalam menangkap dan memilah informasi-informasi yang sesuai dengan apa yang ingin dipelajari
3. Spesialis keamanan jaringan dapat memanfaatkan data mining untuk melihat paket data mana yang berpotensi memicu ancaman
4. Analis kartu kredit dapat menggunakan data mining dalam memilah calon nasabah kartu kredit yang berpotensi melakukan kredit macet.
5. Pelaku retail dapat menggunakan data mining untuk melihat karakteristik dan perilaku pembelinya, sehingga dapat selalu menjual produk yang diinginkan oleh customer.

Fungsi Data Mining

1. Fungsi Deskriptif : Fungsi Data Mining yang memberikan deskriptif / gambaran dari informasi data yang tersedia.

Cth : Produk yang sering dibeli.

2. Fungsi Prediktif : Fungsi Data Mining yang memberikan prediksi / target pencapaian dari informasi sumber data.

Cth : Prospek kerja presiden untuk 3 tahun kedepan.

Kelebihan dan Kekurangan Data Mining

Kelebihan Data Mining :

1. Kemampuan dalam mengolah data dalam jumlah yang besar.
2. Pencarian Data secara otomatis.

Kekurangan Data Mining :

1. Kendala Database (Garbage in garbage out).

2. Tidak bisa melakukan analisa sendiri.

Support Vector Machine (SVM) pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik pada tahun 1992 sebagai rangkaian harmonis konsep-konsep unggulan dalam bidang pattern recognition. Sebagai salah satu metode pattern recognition, usia SVM terbilang masih relatif muda. Walaupun demikian , evaluasi kemampuannya

dalam berbagai berbagai aplikasinya menempatkannya sebagai state of the art dalam pattern recognition, dan dewasa ini merupakan salah satu tema yang berkembang dengan pesat. SVM adalah metode learning machine yang bekerja atas prinsip Structural Risk Minimization (SRM) dengan tujuan menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan dua buah class pada input space. Tulisan ini membahas teori dasar SVM dan aplikasinya dalam bioinformatika, khususnya pada analisa ekspresi gen yang diperoleh dari analisa microarray

Pengertian yang lainnya adalah sistem pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linier dalam sebuah ruang fitur (feature space) berdimensi tinggi, dilatih dengan algoritma pembelajaran yang didasarkan pada teori optimasi dengan mengimplementasikan learning bias yang berasal dari teori pembelajaran statistik.

- Kelebihan

Dalam memilih solusi untuk menyelesaikan suatu masalah, kelebihan dan kelemahan masing-masing metode harus diperhatikan. Selanjutnya metode

yang tepat dipilih dengan memperhatikan karakteristik data yang diolah. Dalam hal SVM, walaupun berbagai studi telah menunjukkan kelebihan metode SVM dibandingkan metode konvensional lain, SVM juga memiliki berbagai kelemahan. Kelebihan SVM antara lain sbb.

1. Generalisasi

Generalisasi didefinisikan sebagai kemampuan suatu metode (SVM, neural network, dsb.) untuk mengklasifikasikan suatu pattern, yang tidak termasuk data yang dipakai dalam fase pembelajaran metode itu. Vapnik menjelaskan bahwa generalization error dipengaruhi oleh dua faktor: error terhadap training set, dan satu faktor lagi yang dipengaruhi oleh dimensi VC (Vapnik-Chervokinensis). Strategi pembelajaran pada neural network dan umumnya metode learning machine difokuskan pada usaha untuk meminimalkan error pada training-set. Strategi ini disebut Empirical Risk Minimization (ERM). Adapun SVM selain meminimalkan error pada training-set, juga meminimalkan faktor kedua. Strategi ini disebut Structural Risk

Minimization (SRM), dan dalam SVM diwujudkan dengan memilih hyperplane dengan margin terbesar. Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa pendekatan SRM pada SVM memberikan error generalisasi yang lebih kecil daripada yang diperoleh dari strategi ERM pada neural network maupun metode yang lain.

2. Curse of dimensionality

Curse of dimensionality didefinisikan sebagai masalah yang dihadapi suatu metode pattern recognition dalam mengestimasi parameter (misalnya jumlah hidden neuron pada neural network, stopping criteria dalam proses pembelajaran dsb.) dikarenakan jumlah sampel data yang relatif sedikit dibandingkan dimensional ruang vektor data tersebut. Semakin tinggi dimensi dari ruang vektor informasi yang diolah, membawa konsekuensi dibutuhkan jumlah data dalam proses pembelajaran. Pada kenyataannya seringkali terjadi, data yang diolah berjumlah terbatas, dan untuk mengumpulkan data yang lebih banyak tidak mungkin dilakukan karena kendala biaya dan kesulitan teknis. Dalam kondisi tersebut, jika metode itu “terpaksa” harus

bekerja pada data yang berjumlah relatif sedikit dibandingkan dimensinya, akan membuat proses estimasi parameter metode menjadi sangat sulit.

3. Landasan teori

Sebagai metode yang berbasis statistik, SVM memiliki landasan teori yang dapat dianalisa dengan jelas, dan tidak bersifat black box.

4. Feasibility

SVM dapat diimplementasikan relatif mudah, karena proses penentuan support vector dapat dirumuskan dalam QP problem. Dengan demikian jika kita memiliki library untuk menyelesaikan QP problem, dengan sendirinya SVM dapat diimplementasikan dengan mudah. Selain itu dapat diselesaikan dengan metode sekuensial sebagaimana penjelasan sebelumnya

- Kekurangan

Dari banyaknya kelebihan diatas SVM juga mempunyai banyak kekurangan anrata lain

1. Sulit dipakai dalam problem berskala besar. Skala besar dalam hal ini dimaksudkan dengan jumlah sample yang diolah.
2. SVM secara teoritik dikembangkan untuk problem klasifikasi dengan dua

class. Dewasa ini SVM telah dimodifikasi agar dapat menyelesaikan masalah dengan class lebih dari dua, antara lain strategi One versus rest dan strategi Tree Structure.

Algoritma ID3

Algoritma ID3 merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membangkitkan pohon keputusan. ID3 adalah algoritma *decision tree learning* (algoritma pembelajaran pohon keputusan) yang paling dasar.

Berikut algoritma dari ID3:

Algoritma ID3

- (1) Create *node* N;
- (2) **If** samples are all of the same class, C **then**
- (3) Return N as a leaf *node* labeled with the class C;
- (4) **if** attribute-list is empty **then**
- (5) Return N as a leaf *node* labeled with the most common class in samples; // majority voting
- (6) select test-attribute, attribute among attribute-list with the highest information gain;
- (7) label *node* N with test-attribute;
- (8) for each known value a_i of test-attribute // partition the samples

(9) grow a branch from *node* N for the condition test-attribute = ai;
(10) let si be the set of samples in samples for which test-attribute = ai; // a partition
(11) **if** si is empty then
(12) attach a leaf labeled with the ,most common class in samples;
(13) **else** attach the *node* returned by Generate_decision_tree(si, attribute-list-test-attribute);

Adapun *data sample* yang digunakan oleh ID3 memiliki beberapa syarat, yaitu:

1. Deskripsi atribut-nilai.

Atribut yang sama harus mendeskripsikan tiap contoh dan memiliki jumlah nilai yang sudah ditentukan.

2. Kelas yang sudah didefinisikan sebelumnya.

Suatu atribut contoh harus sudah didefinisikan, karena mereka tidak dipelajari oleh ID3.

3. Kelas-kelas yang diskrit.

Kelas harus digambarkan dengan jelas. Kelas yang kontinu dipecah-pecah menjadi kategori-kategori yang relatif, misalnya saja metal dikategorikan menjadi “*hard, quite hard, flexible, soft, dan quite soft*”.

4. Jumlah contoh (*example*) yang cukup.

Karena pembangkitan induktif digunakan, maka dibutuhkan *test case* yang cukup untuk membedakan pola yang valid

dari peluang suatu kejadian.

2.3 Entropy

Entropy adalah ukuran dari teori informasi yang dapat mengetahui karakteristik dari *impurity*, dan *homogeneity* dari

kumpulan data. Sebuah obyek yang diklasifikasikan dalam pohon harus dities nilai entropinya. Dari nilai *entropy* tersebut

kemudian dihitung nilai *information gain* (IG) masing-masing atribut. Pemilihan atribut pada ID3 dilakukan dengan properti statistik, yang disebut dengan *information gain*. Dengan tujuan untuk mendefinisikan *gain*, pertama-tama digunakanlah ide dari teori informasi yang disebut entropi. Entropi mengukur jumlah dari informasi yang ada pada atribut. Rumus menghitung entropi informasi adalah:

$$\text{Entropy}(S) = -p_+ \log p_+ - p_- \log_2 p_- \quad (1)$$

Dimana:

S = ruang (data) *sample* yang digunakan untuk *training*.

P+ = adalah jumlah yang bersolusi positif (mendukung) pada data *sample* untuk kriteria tertentu.

P- = adalah jumlah yang bersolusi negatif (tidak mendukung) pada data *sample* untuk kriteria tertentu.

2.4 Information Gain

Information Gain adalah ukuran efektivitas suatu atribut dalam mengklasifikasikan data. *Gain* digunakan untuk

mengukur seberapa baik suatu atribut memisahkan *training example* ke dalam kelas target. Atribut dengan informasi tertinggi akan dipilih. Secara matematis, *infomation gain* dari suatu atribut A, dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Gain}(S,A) = \text{Entropy}(S) - \sum \text{Entropy}(S_v) \quad (2)$$

Dimana:

A = atribut

v = menyatakan suatu nilai yang mungkin untuk atribut A

Values(A): himpunan yang mungkin untuk atribut A

|S| = jumlah seluruh sampel data

Entropy(S_v) = entropy untuk *sample-sample* yang memiliki nilai v

3. Metode Penelitian

Proses awal adalah mengolah data kelulusan dan registrasi calon mahasiswa baru 5 tahun ke belakang. Data tersebut dijadikan *data sample* untuk membentuk pohon keputusan yang akan membentuk aturan dengan menggunakan algoritma ID3. Setelah aturan terbentuk, selanjutnya adalah memasukkan data calon mahasiswa baru yang sudah lolos seleksi untuk diprediksi dengan menggunakan aturan tadi.

Pembentukan Pohon Keputusan

Proses pembentukan pohon keputusan dalam pengelolaan data digunakan untuk menurunkan atribut-atribut pada data menjadi pohon keputusan sehingga menghasilkan aturan-aturan.

Misalnya terdapat *data sample* mahasiswa dari sebuah universitas, kemudian dari data tersebut dipilih atribut-atribut yang bisa mewakili atribut lain yang ada pada data untuk dicari pola atau informasi yang ada di dalamnya. Karena keterbatasan *sample data* yang digunakan, maka terpilihlah 12 atribut yang akan digunakan untuk pembentukan pohon keputusan.

Setelah pemilihan atribut, tahap selanjutnya adalah *cleaning* terhadap data

Penerapan Data Mining untuk memprediksi mahasiswa DO menggunakan support vector machine

(Suprpto, SE, M.Kom.)

yang terduplikasi, data yang tidak lengkap ataupun data yang salah dalam penulisannya.

Adapun data mahasiswa yang dijadikan sebagai *sample* dengan 12 atribut yang dipilih untuk pembentukan pohon.

Adapun data mahasiswa yang dijadikan sebagai *sample* dengan 12 atribut yang dipilih untuk pembentukan pohon keputusan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel *Sample* Pembentukan *Tree*

Kd_ Prodi	Jns_ Ke lamin	Kd_ Aga ma	Kd_ Gol_ Darah	Kd_ Peker jaan	Kd_ Peng Hasil An	Kd_ Asal Seko lah	Kd_ Asal_ Seko lah	Kd_ Prodi1	Kd_ Prodi2	Kd_ Prodi3	Ge Lom bang	Regis trasi
44	W	I	1	16	D	01	00000000	51	43	44	0	Tidak
35	W	I	4	18	C	01	00000212	51	43	35	0	Tidak
43	p	I	2	18	D	01	00000204	51	43	44	0	Tidak
43	P	I	3	01	A	01	00000267	51	43	81	0	Regis Trasi
44	W	I	2	18	C	01	00000204	44	35	37	0	Tidak
81	W	I	4	11	D	01	00000222	51	81	43	0	Regis trasi
43	P	I	1	10	A	01	00000204	43	81	43	0	Tidak
36	P	I	1	18	C	01	00000104	43	43	81	0	Regis Trasi
43	W	I	1	16	D	01	00000325	43	36	44	0	Regis Trasi
43	W	I	4	11	E	01	000000	51	35	36	0	Tidak

							00					
35	W	I	4	01	A	01	000002 71	51	43	44	0	Regis Trasi
44	P	I	1	18	A	01	000000 44	51	81	44	0	Regis Trasi
35	W	I	2	18	D	01	000002 62	43	35	35	0	Regis Trasi

Penurunan atribut menjadi pohon keputusan menggunakan algoritma ID3 dilakukan dengan konsep *Entropy* dan *Information gain*. Konsep ini digunakan untuk menentukan *node* induk dan *node* daun dalam pohon keputusan. Sebuah obyek yang diklasifikasikan dalam pohon harus dites nilai entropinya. *Entropy* adalah ukuran dari teori informasi yang dapat mengetahui karakteristik dari *impurity*, dan *homogeneity* dari kumpulan data. Dari nilai *entropy* tersebut kemudian

dihitung nilai *information gain* (IG) masing-masing atribut.

Pemilihan atribut pada ID3 dilakukan dengan properti statistik, yang disebut dengan *information gain*. *Gain* mengukur seberapa baik suatu atribut memisahkan *training example* ke dalam kelas target. Atribut dengan informasi tertinggi akan dipilih. Dengan tujuan untuk mendefinisikan *gain*, pertama-tama

digunakanlah ide dari teori informasi yang disebut *entropy*. *Entropy* mengukur jumlah dari informasi yang ada pada atribut. Setelah mendapat nilai *entropy* untuk suatu kumpulan data, maka kita dapat mengukur efektivitas suatu atribut dalam mengklasifikasikan data. Ukuran efektivitas ini disebut *information gain*. Untuk penentuan *node* pertama dalam pembentukan pohon keputusan. Maka harus menghitung nilai *entropy* terlebih dahulu. Setelah mendapatkan hasil *entropy* maka barulah selanjutnya dapat menghitung nilai *information gain* untuk mencari *node* yang akan menjadi *node* induk. Hasil yang didapatkan untuk penghitungan terhadap *entropy* dan *information gain* terhadap *sample* data.

Hasil Analisa

didapat hasil analisa berdasarkan *data sample* yang digunakan yang menyatakan bahwa jika pekerjaan orang tua dengan kode penghasilan D dengan tingkat penghasilan yang tinggi cenderung tidak

melakukan registrasi karena tidak lulus pada jurusan pilihan pertama yaitu jurusan kedokteran. Ini membuktikan bahwa kode penghasilan orang tua merupakan faktor yang menentukan dalam keputusan akan melakukan registrasi atau tidak.

Pohon keputusan yang dihasilkan bersifat *dinamis* tergantung dari jumlah data dan atribut yang digunakan dalam *sample training*. Dari pohon keputusan yang dihasilkan akan terbentuk aturan-aturan dari penurunan data. Dari *sample* mahasiswa yang digunakan maka terbentuklah aturan-aturan:

DAFTAR ATURAN:

1 JIKA KODE_PENGHASILAN = A

DAN KODE_Pekerjaan = 01

MAKA Tidak

2 JIKA KODE_PENGHASILAN = A

DAN KODE_Pekerjaan = 10

MAKA Registrasi

3 JIKA KODE_PENGHASILAN = A

DAN KODE_Pekerjaan = 16

MAKA Registrasi

4 JIKA KODE_PENGHASILAN = A

DAN KODE_Pekerjaan = 18

MAKA Tidak

5 JIKA KODE_PENGHASILAN = C

DAN KODE_ProDI = 25

MAKA Tidak

6 JIKA KODE_PENGHASILAN = C

DAN KODE_ProDI = 33

MAKA Registrasi

7 JIKA KODE_PENGHASILAN = C

DAN KODE_ProDI = 34

MAKA Tidak

8 JIKA KODE_PENGHASILAN = D

MAKA Tidak

9 JIKA KODE_PENGHASILAN = E

MAKA Registrasi

Untuk mendapatkan nilai yang maksimal, sebaiknya data sampel yang digunakan harus lebih banyak lagi. Semakin banyak data sampel yang digunakan, maka semakin baik kualitas pembentukan aturan yang terbentuk.

Daftar Pustaka

Fayyad, Usama. (1996). *Advance in Knowledge Discovery and Data Mining*. MIT Press.

Sani Susanto, Phd dan Dedy Suryadi, S.T, M.S. 2010. *Pengantar Data Mining – Menggali Pengetahuan dari Bongkahan Data*. Andi Publisher

Buku Han, dkk. 2012. *Data Mining, Concepts and Technique*.

ebook *Data Mining Practical Machine Learning Tools And Teknik*

Fajar Astuti. 2008. *Data Mining*. Penerbit Andi.

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi informasi serta kebutuhan untuk mendapatkan informasi dalam waktu yang singkat dan tepat dalam jumlah yang besar mendorong peningkatan kebutuhan akan jaringan komputer dan internet di berbagai sektor kehidupan masyarakat saat ini.

Teknologi *Virtual Private Network* (VPN) memungkinkan setiap orang untuk dapat mengakses jaringan lokal dari luar menggunakan internet. Dengan menggunakan VPN, maka user dapat mengakses sumber daya yang berada dalam jaringan lokal, mendapatkan hak dan pengaturan yang sama seperti secara fisik berada di tempat dimana jaringan lokal itu berada. Keamanan data dan ketertutupan transmisi data dari akses yang tidak berhak dalam transmisinya pada internet menjadi standart utama dalam VPN, sehingga dalam VPN selalu disertakan akan fitur utama yaitu enkripsi dan tunneling.

Jaringan komputer menjadi pilihan yang tepat baik itu perusahaan maupun personal untuk menyediakan informasi dan menghubungkan LAN ke internet. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan internet yang terus meningkat. PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia adalah perusahaan yang bergerak di bidang Internet Service Provider yang selalu memperhatikan kebutuhan konsumen akan keamanan di internet. Namun ketika konsumen melakukan

pertukaran informasi, ada pihak yang melakukan pencurian data selama ditransmisikan di internet. Pihak yang tidak berwenang dapat dengan leluasa menggunakan dan menyalahgunakan data untuk kepentingan mereka sendiri. Pernah ada gangguan pada *remote access* CPE di pelanggan, tidak bisa melakukan remote secara langsung maka harus dengan mengaktifkan fasilitas port forwarding dahulu di *Router* Mikrotik, baru bisa melakukan *remote access* pada pelanggan. Dengan adanya kejadian tersebut maka untuk membangun keamanan komunikasi data dalam jaringan internet adalah dengan menggunakan jaringan *Virtual Private Network* (VPN).

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat jaringan VPN agar dapat menghubungkan jaringan private menggunakan jaringan internet dengan menggunakan *router* mikrotik RouterBoard CRS125-24G-1S-IN dan untuk *client* memakai komputer dengan sistem operasi windows.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem jaringan internet baru yang diharapkan dapat mengatasi kelemahan yang ada pada sistem lama terutama di bidang jaringan privat yang bisa di akses melalui jaringan internet

2. Kajian Pustaka

Membangun Jaringan LAN

Dalam membangun jaringan LAN, hal-hal yang harus diperhatikan sebagai berikut :

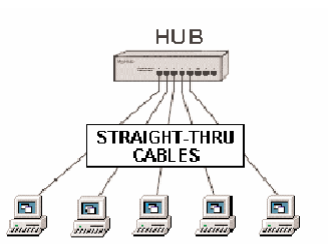
Pemasangan Kabel

Dalam penyambungan kabel pada konektor RJ-45 ada dua jenis model. Yang pertama dinamakan dengan jenis sambungan *Crossover Cable* yang kegunaannya untuk menghubungkan dua komputer membentuk LAN tanpa melalui *hub* dan untuk menghubungkan antara *hub* ke sebuah *hub* lainnya (Wahana Komputer, 2005: 53).



Gambar 1 : Crossover Cable

Yang kedua dinamakan dengan jenis sambungan *Straight- Through Cable* yang dipakai untuk menghubungkan komputer ke sebuah *hub*.



Gambar 2 : Straight - Through Cable

Urutan penyambungan kabel UTP ke konektor RJ-45 untuk metode *straight cable* :

Tabel 1 Metode Straight Cabel

Putih Orange	1	Putih Orange
Orange	2	Orange
Putih Hijau	3	Putih Hijau
Biru	4	Biru
Putih Biru	5	Putih Biru
Hijau	6	Hijau
Putih Coklat	7	Putih Coklat
Coklat	8	Coklat

Urutan kabel *Straigh* dipakai untuk menghubungkan komputer ke *switch* atau *hub*.



Pin number	Wire Color	Straight-Through	
		Wire	Becomes
Pin 1 ==>	Orange/White	1	1
Pin 2 ==>	Orange	2	2
Pin 3 ==>	Green/White	3	3
Pin 4 ==>	Blue		
Pin 5 ==>	Blue/White		
Pin 6 ==>	Green	6	6
Pin 7 ==>	Brown/White		
Pin 8 ==>	Brown		

Gambar 3 : Pengkabelan Straight - Through Cable

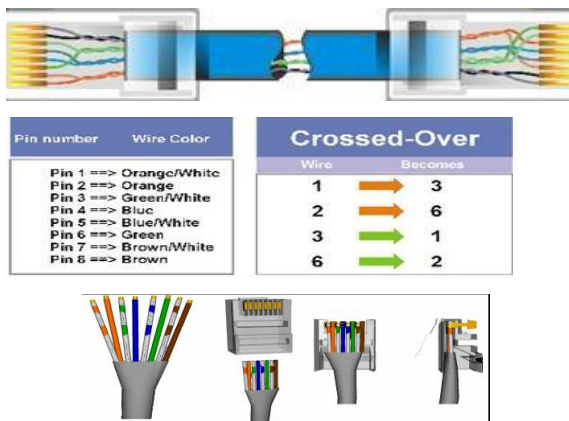
Untuk penyambungan kabel UTP ke konektor RJ-45 untuk metode *Cross Cable*, dengan urutan kabelnya :

Tabel 2 Metode Cross Cabel

Putih Orange	1	Putih Hijau
Orange	2	Hijau
Putih Hijau	3	Putih Orange
Biru	4	Biru
Putih Biru	5	Putih Biru
Hijau	6	Orange

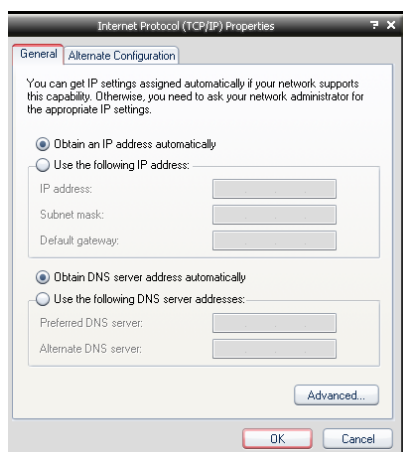
Putih Coklat	7	Putih Coklat
Coklat	8	Coklat

Urutan Cross Cable digunakan untuk menghubungkan PC to PC dan HUB to HUB.



Gambar 4 : Pengkabelan Cross Cable TCP/IP

TCP/IP (*Transmission Control Protokol/Internet Protokol*) adalah sekelompok protokol yang dipakai dalam lingkungan sistem operasi UNIX untuk mengatur komunikasi data di *internet* dengan berbagai jenis komputer tanpa mempertimbangkan jarak, kualitas dan banyaknya data yang dialihkan (Wahana Komputer, 2005: 443).



Gambar 5 : Propertis TCP/IP

Sumber : Melwin Syafrizal, 2006:29.

IP Address

Alamat IP (*IP Address*) merupakan pengenal yang digunakan untuk memberi alamat suatu *host* dalam jaringan komputer. Format alamat IP adalah bilangan 32 bit yang tiap 8 bit-nya dipisahkan oleh tanda titik untuk mempermudah distribusinya. Alamat IP dibagi dalam kelas-kelas A, B, C, D, dan E. (Wahana Komputer, 2006)

Agar lebih mudah dibaca dan ditulis, alamat IP sering ditulis sebagai 4 bilangan desimal yang masing-masing dipisahkan oleh titik. Format penulisan ini disebut "*dotted-decimal notation*". Setiap bilangan desimal tersebut merupakan nilai dari satu oktet (delapan bit) alamat IP.

Dotted Decimal	Binary
207.21.32.12	11001111 00010101 00100000 00001100
192.168.4.1	11000000 10101000 00000100 00000001

IP address terdiri atas dua bagian yaitu *network ID* dan *host ID*, dimana *network ID* menentukan alamat jaringan komputer, sedangkan *host ID* menentukan alamat *host* (komputer, *router*, *switch*). Oleh

sebab itu *IP address* memberikan alamat lengkap suatu *host* beserta alamat jaringan di mana *host* itu berada.

Contoh pengalokasian *IP Address*, misalnya akan dibuat sebuah jaringan yang menghubungkan tiga buah komputer, maka langkah yang harus dilakukan adalah menentukan *network ID* dan *host ID*.

Network ID digunakan digunakan untuk menunjukkan *host TCP/IP* yang terletak pada jaringan yang sama. Semua *host* pada satu jaringan harus memiliki *network ID* yang sama.

Misalnya jaringan ini diberi *network ID* = 192.168.5.xxx. Sedangkan *host ID* digunakan untuk menunjukkan suatu *host* dalam jaringan. Setiap antarmuka jaringan harus memiliki *host ID* yang unik. Sebagai contoh masing-masing alamat IP, ditentukan *host ID* sebagai berikut : 192.168.5.1, 192.168.5.2, 192.168.5.3.

Netmask/Subnetmask

Subnetmask adalah angka biner 32 bit yang digunakan untuk membedakan *network ID* dan *host ID* serta menunjukkan letak suatu *host*, apakah berada pada jaringan lokal atau jaringan luar. (Wahana Komputer, 2006).

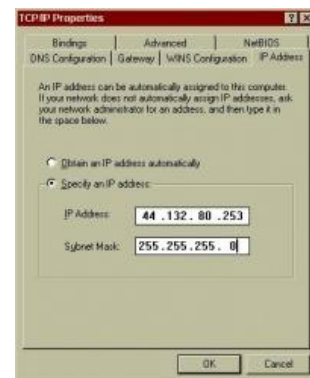
Sebuah *subnetmask* biasanya diekspresikan di dalam notasi desimal bertitik (*dotted decimal notation*), seperti halnya alamat IP. Setelah semua *bit* diset sebagai bagian *network identifier* dan *host*

identifier, hasil nilai 32-bit tersebut akan dikonversikan ke notasi desimal bertitik. Perlu dicatat, bahwa meskipun direpresentasikan sebagai notasi desimal bertitik, *subnet mask* bukanlah sebuah alamat IP.

Contoh :

IP Address	192.168.1.2
Subnet Mask	255.255.255.0

Pada contoh *IP Address* di atas yang disebutkan sebagai w adalah 192, x adalah 168. y adalah 1 dan z adalah 2. Dalam hal ini yang difungsikan sebagai *Net-ID* (alamat jaringan) adalah w.x.y yang bernilai 192.168.1. Karena *subnetmasknya* 255. Sedangkan z yang bernilai 2 difungsikan sebagai *host ID* karena *subnet masknya* 0.



Gambar 6 Memasukkan nomor *IP Address* dan *Subnet Mask*

Gateway/Router

Gateway adalah sebuah mekanisme yang menyediakan akses ke sebuah sistem lain yang terhubung dalam sebuah *network* (Wahana Komputer, 2005: 207). Di *Internet* suatu alamat bisa ditempuh lewat *gateway-gateway* yang memberikan jalan/*route* ke arah mana yang harus dilalui supaya paket data sampai ke tujuan. Kebanyakan *gateway* menjalankan *routing daemon* (program yang meng-update secara *dinamis* tabel *routing*). Karena itu *gateway* juga biasanya berfungsi sebagai *router*. *Gateway/router* bisa berbentuk *Router box* seperti yang di produksi Cisco, 3COM, dll atau bisa juga berupa komputer yang menjalankan *Network Operating System plus routing daemon*. Misalkan PC yang dipasang Unix FreeBSD dan menjalankan program *Routed* atau *Gated*. Namun dalam pemakaian *Natd*, *routing daemon* tidak perlu dijalankan, jadi cukup dipasang *gateway* saja. Karena *gateway/router* mengatur lalu lintas paket data antar jaringan, maka di dalamnya bisa dipasang mekanisme pembatasan atau pengamanan (*filtering*) paket-paket data.

DNS

DNS atau *Domain Name System* adalah Sistem pemberian alamat yang digunakan dalam lingkungan *internet*. Intinya memberi nama lain pada alamat *internet* protokol yang terdiri dari dua bagian yaitu identitas organisasi (nama organisasi

tersebut) dan jenis organisasi itu sendiri (Wahana Komputer, 2005: 101).

Keamanan Jaringan

Saat ini hampir perusahaan berskala kecil, menengah, apalagi besar telah mengimplementasikan jaringan komputer untuk menghubungkan semua jaringan diperusahaan karena keuntungan yang dirasakan dalam penerapan jaringan komputer sangat besar. Seiring dengan berkembangnya TI dewasa ini perkembangan ancaman terhadap jaringan komputerpun terus meningkat, berbagai serangan dan ancaman dapat saja secara tiba-tiba menyerang jaringan komputer yang terkoneksi ke jaringan .

Cara untuk mengamankan jaringan adalah menggunakan *firewall*. *Firewall* dapat berupa sebuah komputer, *router* atau peralatan komunikasi yang menyaring akses untuk melindungi jaringan dari kejahatan, misalnya untuk melindungi jaringan perusahaan dari pengacau ilegal saat pengguna komputer perusahaan mengakses ke layanan *internet* seperti *email* (Deris Setiawan, 2005: 123).

Sebelum kita memutuskan untuk membuat atau membeli suatu produk *firewall*, terlebih dahulu kita perlu mempertimbangkan beberapa hal agar *firewall* yang kita bangun dapat optimal dan tepat sasaran.

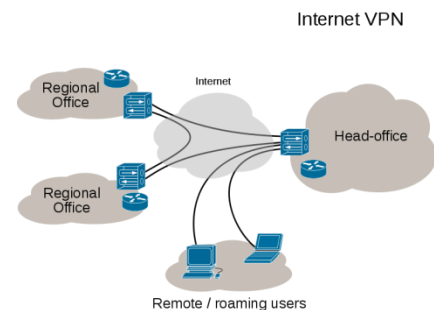
- a. Apa yang akan diproteksi
Jika hanya memproteksi dua atau tiga buah komputer, tidak perlu menggunakan produk *firewall* yang kompleks dan mahal.
- b. Memilih, membeli, atau membangun *firewall* sendiri
Sejumlah organisasi dapat membangun sendiri *firewall* atau membeli pada sebuah *vendor* yang menawarkan jasa layanan pembuatan *firewall* baik perangkat keras maupun perangkat lunak.
- c. Berapa biaya yang diperlukan
Semakin canggih teknologinya akan semakin mahal produk tersebut.
- d. User Policy
Bagaimanapun hebatnya sistem yang kita buat tetapi tidak didukung dari sisi usernya akan sangat percuma. Disinilah perlu disusun *policy* yang baik antara sistem dan *user*.
- e. Berapa besar efek jika terjadi serangan
Kita harus dapat memastikan berapa besar efek dan resiko jika kita telah menetapkan metode dan arsitektur dari *firewall* yang akan kita buat.

Virtual Private Network

VPN merupakan suatu cara untuk membuat sebuah jaringan bersifat private dan aman dengan menggunakan jaringan *public* atau internet VPN dapat mengirim data antara dua komputer yang melewati jaringan

public yang melewati jaringan *public*, sehingga seolah-olah terhubung secara *point-to-point* (Mairs, John, 2002:1).

VPN dikembangkan untuk membangun sebuah *intranet* dengan jangkauan yang luas melalui jaringan internet. *Intranet* sudah menjadi komponen penting dalam suatu perusahaan dewasa ini. Dengan kata lain, semakin besar permasalahan ini akan semakin kompleks apabila perusahaan tersebut mempunyai banyak kantor cabang yang tersebar di berbagai kota dengan jarak yang jauh. Sedangkan di lain pihak seluruh kantor tersebut memerlukan suatu metode untuk berhubungan misalnya untuk transfer dan sinkronisasi data. Pada mulanya sistem intranet dikembangkan dengan menggunakan sistem *dedicated line*. Sistem ini menawarkan kecepatan transfer data yang tinggi namun membutuhkan investasi yang mahal system ini tidak efektif untuk perusahaan kelas menengah ke bawah serta perusahaan yang tersebar di berbagai wilayah yang saling berjauhan.



Gambar 7 Virtual Private Network

Analisis Sistem

Analisis sistem adalah penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk meng-identifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan, kesempatan, hambatan-hambatan yang terjadi dan kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan, sehingga dapat diusulkan perbaikan-perbaikannya (Jogiyanto H.M, 2005:130).

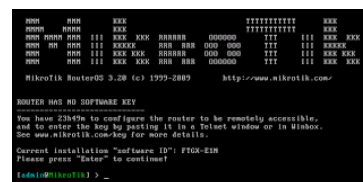
Dalam melakukan analisis sistem terdapat langkah-langkah dasar yang harus dilakukan oleh analis sistem, sebagai berikut:

1. *Identify*, yaitu mengidentifikasi masalah.
2. *Understand*, yaitu memahami kerja dari sistem yang ada.
3. *Analyze*, yaitu menganalisa sistem.
4. *Report*, yaitu membuat laporan hasil analisis.

Mikrotik

Mikrotik adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (Software) yang berhubungan dengan sistem jaringan komputer yang berkantor pusat di Latvia, bersebelahan dengan Rusia. Mikrotik didirikan pada tahun 1995 untuk mengembangkan router dan sistem ISP (Internet Service Provider) nirkabel.

Mikrotik dibuat oleh MikroTikls sebuah perusahaan di kota Riga, Latvia. Latvia adalah sebuah negara yang merupakan “pecahan” dari negara Uni Soviet dulunya atau Rusia sekarang ini. Mikrotik awalnya ditujukan untuk perusahaan jasa layanan Internet (PJI) atau *Internet Service Provider* (ISP) yang melayani pelanggannya menggunakan teknologi nirkabel atau *wireless*. Saat ini MikroTikls memberikan layanan kepada banyak ISP nirkabel untuk layanan akses Internet dibanyak negara di dunia dan juga sangat populer di Indonesia. MikroTik sekarang menyediakan hardware dan software untuk konektivitas internet di sebagian besar negara di seluruh dunia. Produk hardware unggulan Mikrotik berupa Router, Switch, Antena, dan perangkat pendukung lainnya. Sedangkan produk Software unggulan Mikrotik adalah MikroTik RouterOS.



Gambar 8 : Mikrotik RouterOS

[MikroTik RouterOS](#) adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer menjadi router network yang handal, mencakup berbagai fitur yang dibuat untuk ip network dan jaringan wireless, cocok

digunakan oleh ISP dan provider hotspot. Untuk instalasi Mikrotik tidak dibutuhkan piranti lunak tambahan atau komponen tambahan lain. Mikrotik didesain untuk mudah digunakan dan sangat baik digunakan untuk keperluan administrasi jaringan komputer seperti merancang dan membangun sebuah sistem jaringan komputer skala kecil hingga yang kompleks sekalipun.

RouterBoard adalah router *embedded* produk dari mikrotik. Routerboard seperti sebuah pc mini yang terintegrasi karena dalam satu board tertanam prosesor, ram, rom, dan memori flash. Routerboard menggunakan os RouterOS yang berfungsi sebagai router jaringan, bandwidth management, *proxy server*, dhcp, dns server dan bisa juga berfungsi sebagai hotspot server.

Ada beberapa seri routerboard yang juga bisa berfungsi sebagai wifi. sebagai wifi access point, bridge, wds ataupun sebagai wifi client. seperti seri RB411, RB433, RB600. dan sebagian besar ISP wireless menggunakan routerboard untuk menjalankan fungsi wirelessnya baik sebagai AP ataupun Client. Dengan routerboard Anda bisa menjalankan fungsi sebuah router tanpa tergantung pada PC lagi, karena semua fungsi pada router sudah ada dalam routerboard. Jika dibandingkan dengan pc yang diinstal routerOS, routerboard ukurannya lebih kecil, lebih kompak dan hemat listrik karena hanya menggunakan

adaptor. untuk digunakan di jaringan wifi bisa dipasang diatas tower dan menggunakan PoE sebagai sumber arusnya.



Gambar 9 RouterBoard Mikrotik CRS125

Mikrotik pada standar perangkat keras berbasiskan Personal Computer (PC) dikenal dengan kestabilan, kualitas kontrol dan fleksibilitas untuk berbagai jenis paket data dan penanganan proses rute atau lebih dikenal dengan istilah routing. Mikrotik yang dibuat sebagai *router* berbasiskan PC banyak bermanfaat untuk sebuah ISP yang ingin menjalankan beberapa aplikasi mulai dari hal yang paling ringan hingga tingkat lanjut. Contoh aplikasi yang dapat diterapkan dengan adanya Mikrotik selain *routing* adalah aplikasi kapasitas akses (*bandwidth*) manajemen, *firewall*, *wireless access point (WiFi)*, *backhaul link*, sistem *hotspot*, *Virtual Private Network (VPN) server* dan masih banyak lainnya.

Sistem Level Lisensi Mikrotik

Mikrotik bukanlah perangkat lunak yang gratis jika anda ingin memanfaatkannya secara penuh, dibutuhkan lisensi dari MikroTik untuk dapat menggunakannya alias berbayar. Mikrotik dikenal dengan istilah Level pada lisensinya. Tersedia mulai dari Level 0 kemudian 1, 3 hingga 6, untuk Level 1 adalah versi Demo Mikrotik dapat

Analisa dan Perancangan Virtual Private Network pada PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia
(Sinta TG, ST, M.Kom., Satrio A P, ST.)

digunakan secara gratis dengan fungsi-fungsi yang sangat terbatas. Tentunya setiap level memiliki kemampuan yang berbeda-beda sesuai dengan harganya, Level 6 adalah level tertinggi dengan fungsi yang paling lengkap. Secara singkat dapat digambarkan jelaskan sebagai berikut:

1. Level 0 (gratis); tidak membutuhkan lisensi untuk menggunakannya dan penggunaan fitur hanya dibatasi selama 24 jam setelah instalasi dilakukan.
2. Level 1 (demo); pada level ini kamu dapat menggunakannya sbg fungsi routing standar saja dengan 1 pengaturan serta tidak memiliki limitasi waktu untuk menggunakannya.
3. Level 3; sudah mencakup level 1 ditambah dengan kemampuan untuk manajemen segala perangkat keras yang berbasisan Kartu Jaringan atau *Ethernet* dan pengelolaan perangkat wireless tipe klien.
4. Level 4; sudah mencakup level 1 dan 3 ditambah dengan kemampuan untuk mengelola perangkat wireless tipe akses poin.
5. Level 5; mencakup level 1, 3 dan 4 ditambah dengan kemampuan mengelola jumlah pengguna hotspot yang lebih banyak.
6. Level 6; mencakup semua level dan tidak memiliki limitasi apapun.

Router yang kami gunakan untuk implementasi VPN di PT. Sampoerna

Telekomunikasi Indonesia memakai *RouterBoard CRS125-24G-1S-IN* Adalah *Switch Layer 3* dengan *24 port gigabit ethernet + 1 SFP*. *Switch* ini Berbasis *RouterOS* sehingga mampu melakukan berbagai fungsi *networking* seperti *Routing/Firewall/VPN Rackmont Case* dengan spesifikasi berikut ini:

Tabel 4 Spesifikasi RouterBoard CRS125

Spesifikasi CRS125-24G-1S-RM	
Product Code	CRS125-24G-1S-RM
Architecture	MIPS-BE
CPU	AR9344 600MHz
Current Monitor	No
Main Storage/NAND	128MB
RAM	128MB
SFP Ports	1
LAN Ports	24
Gigabit	Yes
Switch Chip	3
MiniPCI	0
Integrated Wireless	No
MiniPCle	0
SIM Card Slots	No
USB	1 (microUSB)

Power on USB	Yes
Memory Cards	No
Power Jack	No
802.3af Support	No
POE Input	No
POE Output	No
Serial Port	Yes
Voltage Monitor	Yes
Temperature Sensor	Yes
Dimensions	443x142x44mm
Operating System	RouterOS
Temperature Range	-30C .. +70C
RouterOS License	Level5

3. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi kepustakaan mengenai teknologi VPN dari jenis, keuntungan, kelemahan, dan teori-teori yang mendukung, melakukan wawancara kepada staff IT PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia untuk mendapatkan informasi yang berguna untuk penelitian ini, kemudian melakukan observasi dan survei terhadap jaringan perusahaan untuk mendapatkan informasi yang berguna dalam perancangan remote access VPN. Setelah itu menetapkan solusi yang dipakai serta menentukan teknologi yang dipakai beserta alasan pemilihan

teknologi tersebut. Tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisa kebutuhan sistem meliputi spesifikasi sistem dan merancang topologi jaringan VPN yang akan dibuat di perusahaan. Dan pada akhirnya melakukan implementasi meliputi konfigurasi VPN Server di Mikrotik router board dan client di windows 7 kemudian melakukan pengujian koneksi VPN yang telah dibuat.

4. Pembahasan

Analisa Permasalahan

Sebagai tahapan awal melakukan analisa terhadap suatu sistem yang sudah ada sehingga dapat mengetahui kelemahan dan kelebihan sistem yang ada dan dengan demikian dapat memudahkan kedalam sistem yang baru. Pada saat ini PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia menerapkan sistem remote acces ke pelanggan menggunakan sistem manual, yaitu dengan cara menggunakan fitur NAT pada firewall untuk proses *port forwarding*.

Dengan sistem yang demikian, Internet Dedicated PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia dalam melakukan remote acces ke pelanggan harus di setting satu per satu sehingga kurang efektif. Dengan adanya sisten VPN maka permasalahan diatas dapat teratasi karena jaringan lebih aman dan bisa melakukan remote access dari mana saja pada perangkat yang terhubung internet.

PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia memiliki pelanggan ribuan yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Beberapa bulan

Analisa dan Perancangan Virtual Private Network pada PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia
(Sinta TG, ST, M.Kom., Satrio A P, ST.)

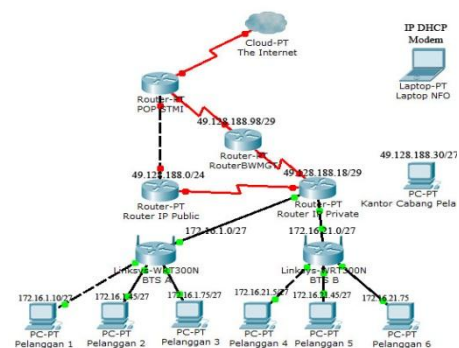
ini ada permintaan akan layanan VPN. Setiap pelanggan membutuhkan layanan yang berbeda-beda seperti korporasi dan instansi pemerintahan yang membutuhkan layanan dengan kebutuhan jalur khusus. Kegiatan pelanggan instansi pemerintah dan bisnis yang mengirim dan menerima data, yang berarti transaksi data yang terjadi setiap hari. Terutama pelanggan perusahaan yang sedang berkembang dan memiliki banyak kantor cabang dan sering melakukan komunikasi dengan kantor cabangnya tersebut. Komunikasinya bisa berupa pertukaran data, informasi dan lain-lain. Terkadang informasi yang dipertukarkan merupakan informasi yang bersifat rahasia. Data-data transaksi dikirim dengan menggunakan internet melalui *messenger* dan *email*. Dengan hanya menggunakan media tersebut, keamanan data yang dikirim atau diterima rentan terhadap pencurian, rusak, hilang dan serangan hacker.

Solusi Permasalahan

Berdasarkan hasil permasalahan yang dihadapi, maka diusulkan pemecahan masalah dengan cara membuat *Virtual Private Network* (VPN). Dengan VPN maka pelanggan dan seluruh cabang-cabangnya dapat dihubungkan menjadi satu jaringan internal dengan menggunakan media jaringan publik/ jaringan internet yang ada sebagai media perantara. Selain kantor cabang, semua karyawan dan staff yang kebetulan sedang tidak dapat berada di perusahaan tetapi ingin mengakses data pekerjaan atau

data-data yang diinginkan dapat mengaksesnya melalui jalur internet.

Penggunaan internet sebagai media VPN dapat menekan biaya yang dikeluarkan dan lebih mudah untuk diterapkan daripada membuat sebuah jaringan baru menggunakan media kabel ataupun wireless. Pemilihan jenis VPN yang akan digunakan tentu saja harus memiliki sistem keamanan yang baik agar semua data yang melewatinya tidak jatuh ke orang-orang yang tidak berhak untuk mengakses data tersebut. Selain pada sisi keamanan, VPN yang akan digunakan juga harus menyediakan kemudahan kepada administrator dalam melakukan konfigurasi, administrasi. Secara ringkas topologi VPN dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 10 Topologi Jaringan VPN PT Sampoerna Telekomunikasi Indonesia

Berdasarkan topologi pada gambar 10 diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa jaringan internet dibagi antara dua segment yaitu IP Public STMI 49.128.188.0/24 dan IP Private Class B dengan estimasi 172.16.1.0/27, 172.16.21.0/27, 172.16.31.0/27 yang dipakai untuk jaringan local VPN. Untuk sebagai

pusat server VPN berada di router CRS 125 dengan dengan mode IP private kemudian di distribusikan melalui transmisi BTS dengan menggunakan Radio Microwave. Setelah dari BTS dipancarkan melalui AP (*access point*) dan diterima pelanggan dengan perangkat CPE (*customise premise equipment*) kemudian bisa langsung dipakai untuk jaringan local atau di routing kembali sesuai jaringan yang digunakan pelanggan.

Analisa Kebutuhan Sistem

Dalam pengembangan sistem *virtual private network*, diperlukan analisa kebutuhan *software*, *hardware*, *brainware* dengan perician sebagai berikut:

Software Pendukung

Beberapa perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan untuk mendukung pembuatan sistem *virtual private network* pada PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia sebagai berikut :

- a. Sistem yang digunakan adalah Router OS versi 6.15 yang sudah include pada pada Router CRS125.
- b. Untuk client memakai sistem operasi berbasis Windows 7 Home Basic dengan pertimbangan bahwa sistem operasi ini menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) yang mudah digunakan.
- c. *Utility*, digunakan untuk membantu para pemakai komputer dalam mengoperasikan komputernya dan sebagai pendukung.
Contoh : Winbox

Hardware Pendukung

Hardware atau perangkat keras yang digunakan untuk mendukung *software*. Adapun spesifikasi standar *hardware* yang akan dipergunakan sebagai berikut :

Analisa Kebutuhan Hardware untuk Server

RouterBoard CRS125-24G-1S-IN Adalah *Switch Layer 3* dengan 24 *port gigabit ethernet* + 1 SFP. *Switch* ini Berbasis *RouterOS* sehingga mampu melakukan berbagai fungsi *networking* seperti *Routing/Firewall/VPN Rackmont Case* dengan spesifikasi seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.

Analisa Kebutuhan Hardware untuk Client

a. *Processor Core i3*

Kelebihan *Processor Core i3* karena kecepatan kerja 2,66 GHz pada CPUnya yang seolah-olah memiliki 4 prosesor yang bekerja sama, tipe tersebut dapat mendukung kerja Sistem Operasi Windows 7 dan *software-software* yang membutuhkan *resource* tinggi. *Processor* tersebut juga bisa menyesuaikan update *software* yang berkembang begitu pesat yang membutuhkan *source* yang cukup besar, cukup mumpuni untuk pemakaian jangka panjang.

b. *Memory DDR3- 4GB*

Memory DDR3- 4GB kerjanya stabil dan memiliki kapasitas yang sesuai dengan perkembangan *software* saat ini yang membutuhkan *source* yang cukup besar.

c. *HDD 500 GB SATA*

Hardisk 500 GB SATA selain mudah didapat di toko-toko komputer, merk ini mempunyai kualitas penyimpanan data yang lebih baik dan tahan terhadap guncangan yang tidak terlalu keras serta mempunyai kecepatan putar piringan yang cukup tinggi sehingga kecepatan simpan dan panggil lebih cepat.

d. *DVDRW*

DVDRW merupakan media untuk mengcopy data yang cukup terkenal. Media ini sebuah jenis *hardware* untuk mengcopy data ke CD atau DVD, kemudian isinya dapat kita hapus jika diinginkan. Alat ini memiliki kecepatan *copy* data yang baik dan cepat.

e. *Monitor LED "20"*

Monitor LED "20" ini mempunyai layar yang lebar dan cenderung agak sejuk di mata dan tidak memerlukan tegangan listrik yang tinggi.

f. *Keyboard dan Mouse*

Keyboard dan *Mouse* ini menggunakan model yang *compatibel* dengan *standart* windows 7 dengan tombol minimal 103 *key* dan untuk mouse menggunakan *optical mouse* atau *scroll mouse* yang kompatibel dengan windows 7.

g. *UPS*

UPS ini selain digunakan untuk mencegah terputusnya arus listrik yang mengalir ke komputer *server* dari akibat putusnya aliran listrik. Alat ini juga sangat

dibutuhkan untuk keselamatan data. Dengan daya 1200 VA sudah cukup untuk kapasitas server mikrotik dan PC bisa untuk backup kurang lebih dua jam.

Kebutuhan Brainware

Perangkat ini adalah perangkat pelaksana yaitu manusia, tanpa manusia semua yang ada (*Software* dan *Hardware*) tidak akan berjalan dengan baik. Jadi *Hardware*, *Software* dan *Brainware* harus ada dan berfungsi sesuai dengan tempatnya. Masing-masing *Brainware* digolongkan menjadi :

a. *Datacomm*

Datacomm diperlukan sebagai petugas yang membuat dan setting program-program aplikasi tertentu sesuai dengan kebutuhan organisasi dan arahan dari sistem operasi.

b. *Network Field Operation (NFO)*

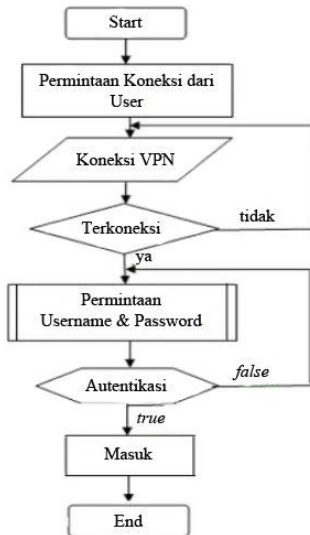
Network Field Operation diperlukan sebagai petugas untuk memastikan semua perangkat terkait Layanan Internet *Dedicated* di sisi *network* bekerja dengan semestinya dalam menyediakan layanan sesuai paket yang diambil pelanggan.

c. *CRT IT*

Teknisi komputer diperlukan sebagai petugas untuk memastikan semua perangkat terkait Layanan Internet *Dedicated* di lokasi pelanggan bekerja dengan semestinya dalam menyediakan layanan sesuai paket yang diambil pelanggan.

Desain Sistem.

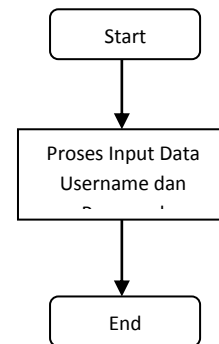
Secara ringkas diagram flowchart implementasi sistem VPN ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini yaitu :



Gambar 11 Flowchart Sistem VPN

Keterangan :

Sistem jaringan VPN diawali dengan permintaan koneksi dari user kemudian masuk ke sistem untuk proses koneksi ke jaringan VPN. Jika proses tersebut tidak terkoneksi maka akan kembali ke proses awal. Setelah proses tersebut bisa terkoneksi maka akan ke proses permintaan *username* dan *password* dalam penyimpanan database. Proses selanjutnya terjadi autentikasi jika status *false* maka akan kembali ke proses login *user* dan *password*. Jika autentikasi dengan status *true* maka akan berhasil masuk ke sistem dan jaringan VPN bisa digunakan.

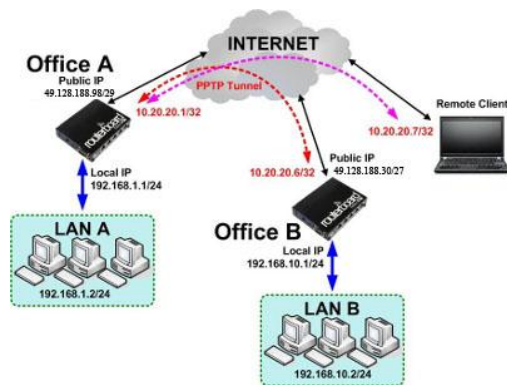


Gambar 12 Proses Permintaan Username dan Password

Keterangan :

Jadi pada gambar 12 menunjukkan proses sub program permintaan username dan password yang diawali dengan permulaan start kemudian masuk ke proses input data username dan password kemudian ke akhir program end. Setelah selesai dilanjutkan ke proses yang ada pada flowchart yang ditunjukkan pada gambar 11

Pada desain sistem ini akan menghubungkan jaringan dengan menerapkan VPN dengan PPTP. Untuk topologinya bisa dilihat pada gambar 13 di bawah.



Gambar 13 Topologi Jaringan VPN

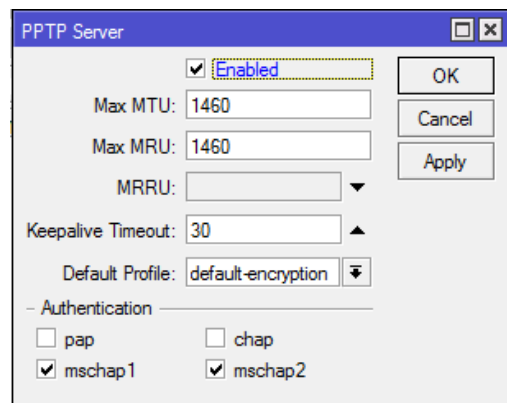
Router Office A dan Router Office B terhubung ke internet via ether 1 dan PC pada masing-masing jaringan lokal terhubung ke Ether 2. Remote client juga sudah terhubung ke internet. Langkah selanjutnya melakukan konfigurasi agar Router A dan jaringan LAN A bisa diakses dari Router B dan jaringan LAN B serta Remote Client. Langkah-langkah setting PPTP dengan Winbox sebagai berikut:

Konfigurasi PPTP Server

Berdasar topologi pada gambar 13 di atas, yang menjadi pusat dari link PPTP (konsentrator) adalah Router Office A, maka harus dilakukan setting PPTP Server pada router tersebut.

Enable PPTP Server

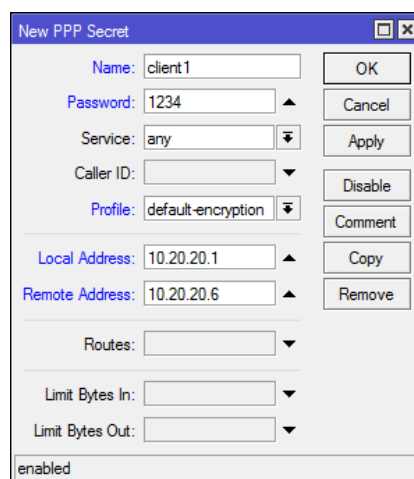
Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengaktifkan PPTP server. Masuk pada menu **PPP->Interface->PPTP Server**. Gunakan profile "Default-encryption" agar jalur VPN terenkripsi.



Gambar 14 Setting PPTP Server

Secret

Pada tahap selanjutnya menentukan **username** dan **password** untuk proses autentikasi Client yang akan terkoneksi ke PPTP server. Penggunaan huruf besar dan kecil akan berpengaruh. Local Address adalah alamat IP yang akan terpasang pada router itu sendiri (Router A / PPTP Server) setelah link PPTP terbentuk. Remote Address adalah alamat IP yang akan diberikan ke Client setelah link PPTP terbentuk. Contoh konfigurasi sebagai berikut. Arahkan agar menggunakan profile "Default-Encryption"



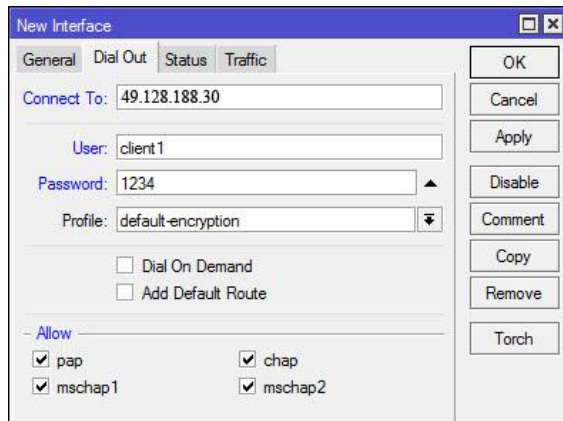
Gambar 15 Setting Password VPN

Proses untuk konfigurasi Router A (PPTP Server) sudah selesai, tahap selanjutnya melakukan konfigurasi di sisi client.

Client Router Office B

Langkah-langkah untuk melakukan konfigurasi Client PPTP pada Router Mikrotik adalah sebagai berikut :

Tambahkan interface baru PPTP Client, lakukan dial ke IP Public Router A (PPTP server) dan masukkan username dan password sesuai pengaturan secret PPTP Server.



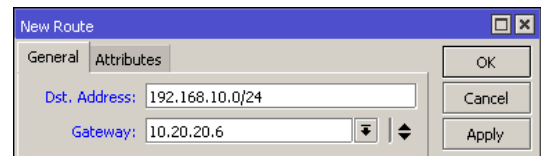
Gambar 16 Setting Interface VPN

Catatan : IP 49.128.188.30 adalah permisalan ip public dari server, Untuk implementasi sebenarnya sesuaikan dengan ip public yang diperoleh dari ISP PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia. Setelah koneksi PPTP terbentuk, akan muncul IP Address baru di kedua Router dengan flag “D” yang menempel di interface pptp sesuai dengan pengaturan Secret pada PPTP server.

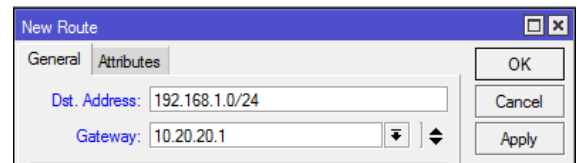
Static Route

Proses koneksi VPN antar router sudah terbentuk, akan tetapi antar jaringan lokal belum bisa saling berkomunikasi. Agar antar jaringan local bisa saling berkomunikasi, maka perlu menambahkan routing static dengan konfigurasi.

- **dst-address** : jaringan local Router lawan
- **gateway** : IP PPTP Tunnel pada kedua router.



Gambar 17 Penambahan static route di Router A



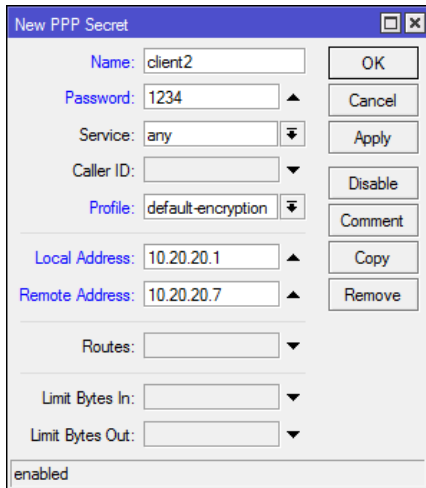
Gambar 18 Penambahan static route di router B

Mobile Client

Client PPTP tidak harus menggunakan Router. Seperti pada topologi jaringan gambar 13 di atas, ada sebuah Remote Client (Laptop) yang akan melakukan koneksi VPN ke Router A. Maka harus membuat Secret baru pada PPTP server untuk autentikasi remote client tersebut.

Secret

username = **client2** ; password = **1234** ;
Local Address = **10.20.20.1** ; Remote
Address = **10.20.20.7**



Gambar 19 Setting PPP Client

Proses selanjutnya perlu melakukan konfigurasi PPTP Client pada Laptop. Langkah-langkahnya akan berbeda pada tiap OS. Berikut tutorial konfigurasi PPTP Client untuk OS Windows 7.

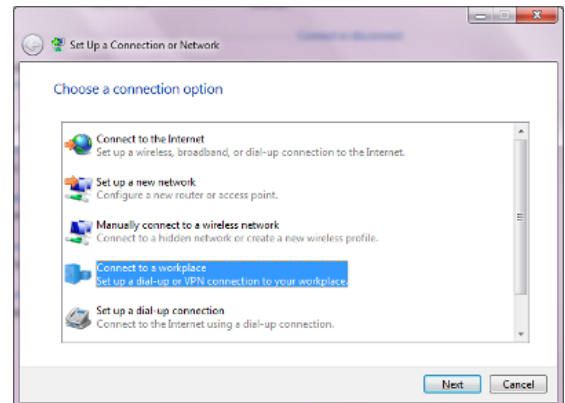
Konfigurasi PPTP Client Windows 7

Pastikan laptop sudah terkoneksi dengan internet. Masuk pada menu Network and Sharing Center, kemudian create koneksi baru dengan memilih **Set up new connection or network**.



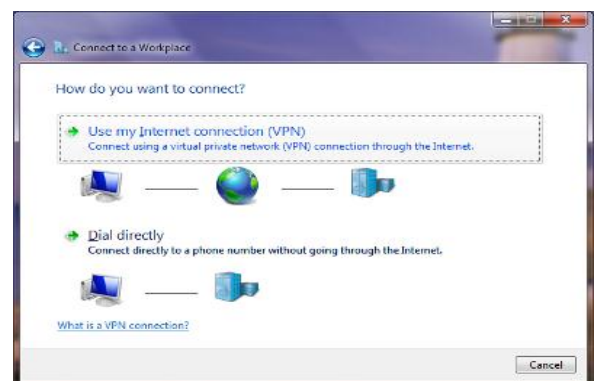
Gambar 20 Setting Connection

Pada tampilan window selanjutnya, pilih **Connect to a workplace**, lalu klik next.



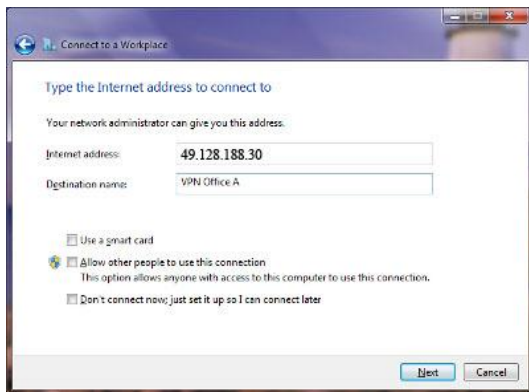
Gambar 21 Connect Workplace

Kemudian, pilih **Use My Internet Connection (VPN)**



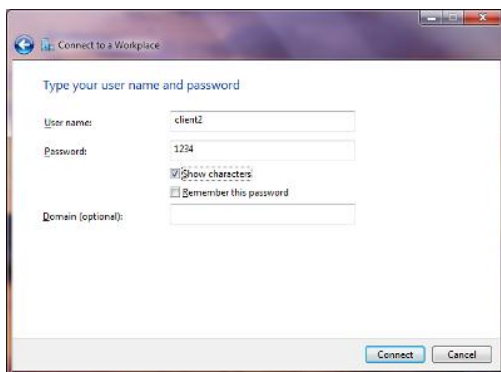
Gambar 22 Connection VPN

Pada langkah berikutnya, koneksi ke jaringan VPN masukkan ke IP Address yang akan akan melakukan koneksi. Sesuai topologi, maka kita masukkan IP address public Router A. Destination name adalah parameter untuk memberikan nama pada interface VPN yang sedang dibuat.



Gambar 23 Setting Connection IP Public

Selanjutnya masukkan username dan password sesuai pengaturan Secret yang ada di PPTP server. Lalu klik Connect.



Gambar 24 Inputan user dan password

Akan ada proses autentikasi, tunggu sampai selesai.



Gambar 25 Dial ke sistem VPN

Jika proses setting telah selesai, dibagian network laptop akan muncul interface baru dengan nama VPN Office A dan terpasang IP address yang mengambil dari ip-pool Remote Address sesuai dengan pengaturan profile dan Secret pada PPTP Server. Koneksi VPN dari Laptop ke Router A sudah terbentuk. Laptop sudah bisa akses ke Router A dan Jaringan LAN A. Untuk melakukan remote ke Router A tinggal memasukkan IP address Router yang terpasang setelah link VPN terbentuk, yaitu IP address 10.20.20.1.

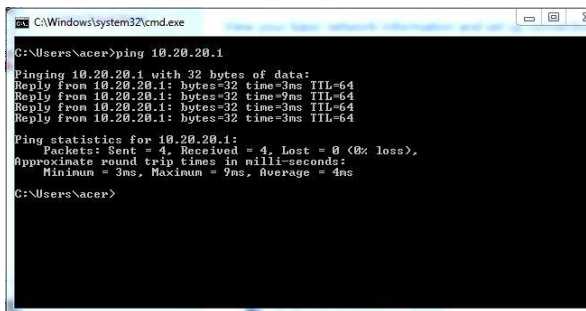
Hasil Implementasi Sistem VPN

Dalam melakukan pengujian terhadap sistem VPN yang sudah dibuat menggunakan tahap sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian VPN server melalui tunneling yaitu dengan menggunakan ping dari client ke server sebelum dan sesudah diaktifkan VPN server.



Gambar 26 Sebelum diaktifkan VPN server



Gambar 27 Sesudah diaktifkan VPN server

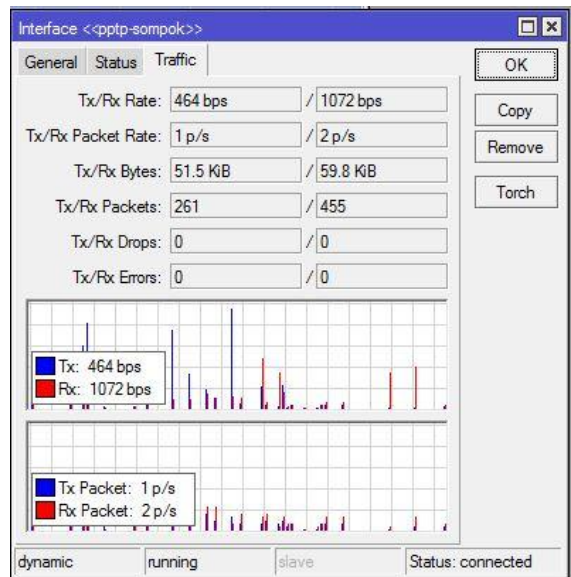
2. Melihat status konfigurasi interface client, untuk melihat konfigurasi pada client windows dengan perintah ipconfig /all setelah terhubung ke VPN server



Gambar 28 Ethernet Adapter

Pada gambar 26 dan 27 terlihat pada saat proses transfer data tipe paket data ketika sebelum mengaktifkan VPN yang ditransfer adalah berupa protocol TCP yang lebih mementingkan keakuratan. Sedangkan ketika sesudah diaktifkan VPN protocol yang digunakan adalah Protokol UDP dipilih karena prinsipnya yang

mementingkan kecepatan akan menambah kecepatan transfer data melewati VPN.



Gambar 29 Grafik Traffic Data

Dari gambar 29 diatas terlihat tranfer rate data pada jaringan VPN yang telah dibuat. Dari proses tersebut terjadi ketika client melakukan transfer file maka digrafik tersebut terlihat kecepatan transfernya. Untuk kecepatan transfer data tergantung dari ukuran data yang ditransfer dan kecepatan bandwith internet yang digunakan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai analisa dan perancangan VPN, kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pembahasan bab – bab sebelumnya pada PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia sebagai berikut, untuk merancang dan menerapkan sistem jaringan VPN di PT. Sampoerna Telekomunikasi Indonesia adalah sebagai berikut :

- a. Perangkat router yang dipakai untuk membuat jaringan VPN tersebut menggunakan mikrotik dengan sistem operasi RouterOS.
- b. Jaringan VPN diletakkan di server dengan kebutuhan jalur khusus dengan melakukan koneksi dari client ke server sehingga terbentuk koneksi point to point.
- c. Untuk client memakai Router maupun PC yang disetting koneksi secara dial up sehingga terbentuk koneksi point to point.

6. Daftar Pustaka

- Anhar, <http://www.ilmukomputer.org>, *Flowchart*, diakses tanggal 18 Februari 2015
- Anonim, <http://id.wikipedia.org>, *Virtual Private Network*, diakses tanggal 22 Januari 2015.
- Anonim, <http://www.mikrotik.co.id>, *Virtual Private Network Artikel*, diakses tanggal 22 Januari 2015.
- Arikunto Suharsimi, 2005, *Manajemen Penelitian*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Deris Setiawan, 2005, *Sistem Keamanan Komputer*, Jakarta : Elex Media Komputindo.
- EM Zulfajri, Ratu Aprilia Senja, 2008, *KLBI*, Jakarta: Difa Publisher.
- Fathansyah, 2001, *Basis Data*, Bandung : Informatika.
- Febrian Jack, 2004, *Pengetahuan Komputer dan Teknologi Informasi*, Bandung : Informatika Bandung.
- Jogiyanto, 2005, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Kadir Abdul, 2003, *Pengenalan Teknologi Informasi*, Yogyakarta : Andi Offset.
- Mairs, J. 2002. *VPNs: A Beginner's Guide*.
- Mulyono Hasyim, 2008, *Buku Pintar Komputer*, Jakarta : Kriya Pustaka.
- Sutabri Tata, 2003, *Analisa Sistem Informasi*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Sugiyono, 2014, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi*, Bandung : Alfabeta.
- Syafrizal Melwin, *Pengantar Jaringan Komputer*, Yogyakarta : Andi Offset, 2005.
- Wahana Komputer, 2005, *Kamus Lengkap Dunia Komputer*, Yogyakarta : Andi Offset.
- Wahana Komputer, 2006, *Seri Penuntun Praktis Menginstalasi Perangkat Jaringan Komputer*, Yogyakarta : Andi Offset.