Volume 9 Number 1 2010

Aplikasi Norm Game dan Locus of Control untuk Pengembangan Kebijakan Penanggulangan Pencurian Listrik

Devilia Sari
Utomo Sarjono Putro
Yos Sunitiyoso
Pri Hermawan
Dhanan Sarwo Utomo

Kelompok Keahlian Pengambilan Keputusan dan Negosiasi Strategis
Sekolah Bisnis dan Manajemen-Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Permasalahan pencurian listrik adalah permasalahan yang kompleks karena penyebab maupun modusnya beragam. Untuk mengamati mekanisme terjadinya pencurian listrik, menguji kebijakan penanganan pencurian listrik yang ada saat ini, serta mengetahui kebijakan yang baik untuk mengurangi angka pencurian listrik ini, maka dibangunlah model berbasis agen untuk mensimulasikan pola pencurian listrik ini. Mekanisme pengambilan keputusan agen disini menggunakan permainan norma dari Axelrod (1986) dan learning proses masing-masing agen diadaptasi dari teori lokus kontrol (Rotter, 1966) dimana agen dibedakan menjadi lokus kontrol internal dan lokus kontrol eksternal. Hasil simulasi yang dijalankan menunjukkan bahwa kebijakan penanganan pencurian listrik yang ada saat ini masih tidak dapat mengurangi angka pencurian listrik. Dengan memberikan reward bagi pelapor kegiatan pencurian listrik, jumlah pencurian listrik dapat dikurangi, namun pengurangan daya yang hilang akibat kegiatan pencurian listrik tidak signifikan.

Kata kunci: Pemodelan, Simulasi, Berbasis Agen, Permainan norma, Pencurian Listrik

1 . Pendahuluan

Salah satu permasalahan yang dihadapi PT. PLN (Persero) selain kekurangan pembangkit adalah kegiatan pencurian listrik. Pencurian berupa *"pencantolan"* ke jaringan PT. PLN (PERSERO), merupakan rangkaian kejahatan yang sering dilakukan masyarakat pelanggan dan non pelanggan. Kerugiannya tidak hanya menggangu citra perusahaan, tetapi juga secara finansial dalam angka rupiah yang sangat besar.

Perilaku tidak etis ini, sebetulnya bukan saja merugikan PT.PLN (PERSERO) sebagai pemasok listrik, tetapi juga merugikan pelanggan lainnya secara langsung. Sebagai contoh, ketika terjadi pencurian listrik disuatu wilayah, penurunan tegangan akan sering terjadi di wilayah tersebut sehingga, para pelanggan yang tidak bersalah sering akan turut dirugikan. Selain itu, beban yang ditanggung pembangkit yang ada akn semakin besar, dan dampaknya PLN pun menjadi lebih sering melakukan pemadaman bergilir di berbagai wilayah di Indonesia.

Permasalahan pencurian ini juga sangat kompleks, terutama akibat sulitnya pelaku pencurian diidentifikasi, beragamnya modus dan pelaku pencurian listrik itu sendiri. Modus pencurian tersebut antara lain: penyambungan ilegal yang dilakukan oleh oknum PLN kepada non pelanggan, membypass sebagian sambungan listrik dirumah sehingga tidak melewati meteran dan lain sebagainya. Motif pencurian listrik ini sendiri sangat beragam dan tidak semata karena uang, bahkan bisa dikatakan bahwa sebagian dikarenakan ketidaktahuan pelaku bahwa tindakan tersebut dilarang. Timbulnya kegiatan pencurian listrik sering ini diawali dari adanya interaksi sosial, misal oknum PLN dengan non pelanggan atau pelaku *bypass* listrik dengan pemilik bangunan.

Pada saat ini, usaha yang dilakukan PT.PLN untuk mengurangi angka pencurian listrik ini adalah dengan melakukan operasi penertiban (razia) dan himbauan kepada masyarakat untuk peduli terhadap kegiatan pencurian listrik itu sendiri.Walaupun penertiban sering dilakukan, masih ada saja kegiatan pencurian listrik yang terjadi di masyarakat. Bahkan beberapa pelaku pencurian kembali melakukan pencurian listrik setelah terkena penertiban (Berita Jakarta, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati fenomena pencurian listrik dalam jejaring sosial masyarakat dan menganalisa efektifitas sistem operasi penertiban yang digunakan oleh PT. PLN dalam mengatasi pencurian listrik. Terdapat dua pertanyaan utama yang akan dijawab pada penelitian ini, yaitu:

1. Mekanisme interaksi sosial seperti apa yang menimbulkan terjadinya pencurian listrik?
2. Kebijakan apakah yang paling efektif dalam rangka mengurangi tingkat pencurian listrik?

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan penelitian tersebut, dijabarkan tujuan-tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui mekanisme pengambilan keputusan dan proses *learning* yang terjadi pada agen sehingga terjadinya pencurian listrik
2. Untuk mengamati efektifitas mekanisme penertiban yang digunakan saat ini (secara acak, jumlah pemakaian tidak normal danpengaduan) terhadap pengurangan tingkat pencurian listrik.
3. Untuk mengetahui skenario terbaik yang dapat mengurangi jumlah pencurian listrik.

2 . Kajian Pustaka

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kasus pencurian listrik masih marak terjadi di Indonesia. Modusnya bermacam-macam, baik itu dilakukan oleh pelanggan PLN sendiri, maupun yang dilakukan oleh non pelanggan PLN. Dari pelanggan sendiri, bentuk pencurian bisa berupa membypass aliran listrik ke rumah (tidak melewati kWh meter), memperbesar daya maupun memanipulasi angka pemakaian kWh.

Perangkat hukum yang ada saat ini telah siap membawa pelaku pencurian listrik/manipulasi angka pemakaian kWh ke sidang pidana.Undang-undang Ketenagalistrikan No. 15 Tahun 1985 dan kitab Undang-undang Hukum Pidana telah dapat menjaring pencuri listrik sebagai pelaku pidana pencurian dan pidana korupsi/manipulasi. Sedemikian seriusnya masalah pencurian listrik ini bagi negara sehingga, Presiden RI pada tahun 1991 menegaskan kepada Jaksa Agung bahwa, pelaku pencurian listrik bisa dikenai tindakan pidana subversif jika diperlukan (PT. PLN, 1996).

Beberapa modus pencurian energi listrik lain diantaranya, pemasangan penerangan jalan umum (PJU) liar yang dilakukan masyarakat dan sambungan liar ke rumah penduduk. Dari hasil pendataan, di PLN cabang Bekasi saja kehilangan energi listrik dari Januari hingga Oktober 2009, tercatat sekitar 450 juta KWH atau setara dengan nilai Rp 234 miliar (Republika Newsroom, 2009). Selain itu, pencurian listrik ini juga banyak dilakukan oleh Pedagang Kaki Lima (PKL).

Di Jakarta sendiri aksi pencurian listrik justru kebanyakan dilakukan para pedagang kaki lima. Semua pedagang yang memadati pingir jalan di kawasan *Bypass* Cawang Universitas Kristen Indonesia, Jakarta Timur, menggunakan listrik curian. Aliran listrik diambil langsung dari kabel listrik PT Perusahaan Listrik Negara yang menggantung (Yuniati & Supriatna, 2003).

2.1. Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen

Pemodelan berbasis agen merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mempelajari sebuah sistem yang memiliki dua ciri: (1) sistem tersebut terdiri atas agen-agen yang berinteraksi; dan (2) sistem tersebut menampilkan *emergent properties*, sebuah ciri/sifat yang muncul akibat dari interaksi yang terjadi antar agen, yang tidak dapat diperoleh hanya dengan meng-aggregasi ciri/sifat dari agen-agennya (Axelrod & Tesfatsion, 2006). Ketika interaksi dari agen tersebut bergantung pada pengalaman masa lalu, terutama ketika agen-agen tersebut terus-menerus beradaptasi berdasarkan pengalaman tersebut, dan analisis matematis biasanya memiliki keterbatasan untuk menangani dengan konsekuensi dinamis, pemodelan berbasis agen mungkin satu-satunya metode analisis praktis.

Pemodelan berbasis agen dimulai dengan menspesifikasi asumsi-asumsi mengenai agen-agen dan interaksi mereka kemudian, simulasi komputer digunakan untuk membangkitkan dinamika yang menunjukkan konsekuensi dari asumsi-asumsi tersebut. Kemudian, peneliti pemodelan berbasis agen dapat menginvestigasi bagaimana efek skala makro timbul dari proses mikro dalam bentuk interaksi antar beragam agen. Agen-agen ini bisa mewakili orang, tapi juga bisa mewakili kelompok sosial tertentu seperti keluarga, perusahaan bahkan negara.

Simulasi secara umum, dan pemodelan berbasis agen khususnya, adalah cara ketiga dalam penelitian sains selain proses deduksi dan induksi. Ilmuwan menggunakan proses deduksi untuk memperoleh teori dari asumsi-asumsi, dan induksi untuk menemukan pola dalam data empiris. Simulasi, sama halnya dengan deduksi, dimulai dengan menspesifikasi sejumlah asumsi secara eksplisit tetapi, simulasi tidak membuktikan teori-teori dengan melakukan proses generalisasi melainkan, dengan membangkitkan data yang dapat dianalisis secara induksi.

Meskipun demikian, berbeda dengan proses induksi, data simulasi dihasilkan dari seleksi ketat terhadap asumsi-asumsi yang berkaitan dengan sistem aktual atau sistem yang diteliti, bukan hasil pengukuran langsung pada dunia nyata. Akibatnya, simulasi menjadi berbeda dari deduksi maupun induksi standar, baik dalam implementasi maupun tujuan penggunaannya. Simulasi memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman lebih dalam mengenai sebuah sistem melalui ekperimen komputer yang terkontrol.

Terdapat empat jenis tujuan spesifik yang dapat dicapai melalui pemodelan berbasis agen, yaitu: empiris, normatif, heuristik dan metodologis. Tujuan dari pemahaman empiris adalah menjelaskan mengapa keteraturan skala makro tertentu berkembang dan bertahan, walaupun hanya ada sedikit kontrol. Contoh dari keteraturan tersebut misalnya fenomena *standing ovation*, jaringan perdagangan, uang yang diterima secara sosial, kerjasama timbal balik, dan norma sosial. Peneliti pemodelan berbasis agen mencari penjelasan sebab-akibat mendasar pada interaksi berkesinambungan antar agen-agen yang beroperasi pada lingkungan spesifik. Secara khusus mereka mempelajari bagaimana keteraturan global yang teramati dapat dibentuk secara reliabel dari model berbasis agen tertentu.

Tujuan kedua adalah mengertian normatif yaitu, menggunakan sebuah model berbasis agen sebagai laboratorium untuk menemukan desain yang baik. Penelitian semacam ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah desain yang ditawarkan sebagai kebijakan sosial, institusi, atau proses akan menghasilkan performansi yang diinginkan dalam selang waktu tertentu. Contoh dari penelitian ini mencakup sistem lelang, aturan voting, dan penegakan hukum.

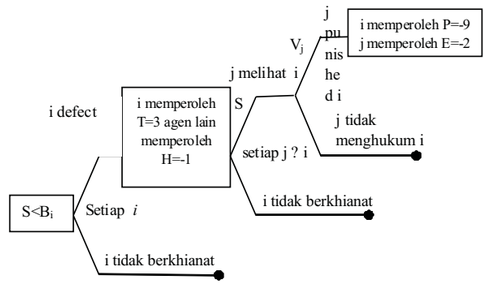
Tujuan ketiga adalah heuristik: bagaimana wawasan yang lebih luas dapat diperoleh tentang sebuah mekanisme sebab-akibat fundamental dalam sebuah sistem sosial? Walaupun asumsi-asumsi yang digunakan untuk memodelkan sistem sosial sangat sederhana, konsekuensi yang muncul dapat menyimpang jauh perkiraan jika sistem tersebut terbentuk dari banyak agen yang saling berinteraksi. Efek skala makro dari interaksi banyak agen sering mengejutkan karena, konsekuensi totalnya sulit diantisipasi. Contohnya, salah satu model berbasis agen yang paling awal – model segregasi kota yang dibangun oleh Thomas Schelling (1971)—menunjukkan bagaimana segregasi kependudukan dapat terbentuk dari pilihan individu walaupun semua agen cukup toleran.

Tujuan keempat adalah kemajuan metodologi: bagaimana cara terbaik untuk menyediakan peneliti pemodelan berbasis agen dengan metode dan tool yang mereka perlukan untuk mengerjakan studi yang teliti tentang sistem sosial melalui eksperimen komputer terkontrol? Peneliti pemodelan berbasis agen mencari berbagai cara untuk mencapai tujuan ini, mulai dari pertimbangan hati-hati dari prinsip metodologi ke pengembangan praktis dari perangkat pemograman dan visual.

Secara garis besar, pemodelan berbasis agen dapat diapplikasikan ke proses sosial dengan menggunakan konsep dan perangkat dari ilmu sosial dan ilmu komputer. Hal itu menunjukkan pendekatan metodik yang mengizinkan dua perkembangan penting: (1) pengujian yang teliti dan ketat, perbaikan dan perluasan dari teori yang telah ada yang terbukti sulit untuk diformulasikan dan dievaluasi dengan menggunakan perangkat statistik dan matematis standar; dan (2) pemahaman yang lebih dalam tentang mekanisme sebab-akibat mendasar dalam sistem multi-agen yang bidang studinya saat ini terpisah dari batasan ilmu artifisial.

2.2. Permainan Norma (*Norm Games*)

Permainan norma diperkenalkan oleh Robert Axelrod (1986). Mekanisme permainan norma dideskripsikan pada Gambar1.



Gambar 1. Mekanisme Permainan Norma

Permainan dimulai ketika individu *i* mempunyai kesempatan untuk berkhianat (*defect*). Kesempatan ini diikuti dengan diketahuinya kemungkinan untuk terlihat oleh individu lain, yang dinotasikan dengan S. Dengan demikian, jika S adalah 0,5 maka, masing-masing individu memiliki kemungkinan yang sama untuk melihat terjadinya pengkhianatan (atau pelanggaran). Jika individu *i* berkhianat, maka ia mendapatkan imbalan T (*Temptation*) sebesar 3, dan individu lainnya akan sedikit tersakiti (*Harms*), dan mendapatkan imbalan H sebesar -1. Jika individu tidak berkhianat, maka tidak ada yang mendapatkan imbalan.

Jika individu *i* berkhianat, beberapa individu lainnya memiliki kemungkinan untuk melihat pengkhianatan tersebut, dan diantara yang melihat tersebut dapat memilih untuk menghukum individu yang berkhianat. Jika individu berkhianat mendapatkan hukuman maka imbalan-nya adalah P (*Punishment*) = -9, tapi karena tindakan menghukum seringkali memerlukan biaya sehingga individu penghukum harus membayar biaya pelaksanaan hukum E (*Enforcement*) sebesar -2. Strategi seluruh individu dibangun berdasarkan dua dimensi: *Boldness* (B_i) dan *Vengefulness* (V_i). Dimensi *Boldness* menentukan probabilitas individu akan berkhianat. Jika kemungkinan terlihat oleh individu lain lebih kecil daripada nilai *Boldness* ($S<B_i$), maka individu tersebut akan berkhianat. Dimensi kedua dari strategi individu ialah *Vengefulness* (Vi), yaitu probabilitas individu akan menghukum individu lain yang berkhianat. Semakin besar *Vengefulness*-nya maka semakin besar kemungkinan individu akan menghukum individu lain yang berkhianat.

2.3. Lokus Kontrol (*Locus of Control*)

Rotter (1966) mengembangkan ekpektasi umum, atau teori Lokus kontrol (LOC), berdasarkan alasan bahwa setiap individu melakukan tugas-tugasnya dengan cara yang berbeda sesuai dengan keyakinan mereka mengenai kemungkinan-kemungkinan dalam mencapai tujuan atau target yang diinginkannya. LOC adalah persepsi belajar (*learning*) yang dapat berbeda antara satu konteks atau lingkungan dengan yang lainnya. Rotter terinspirasi dengan pengembangan teori mengenai pembelajaran sosial (*social learning*) lainnya, seperti penelitian Bandura (1986) tentang *selfefficacy*, penelitian (1981) mengenai *framework* multidimensi dari lokus kontrol, dan penelitian Weiner (1974) mengenai teori pengembangan atribut.

Orientasi LOC merupakan kontinum antara kepemilikan internal dan eksternal dari faktor yang teridentifikasi yang memberikan hasil tertentu; bisa dipengaruhi oleh lingkungan, budaya dan variabel personal (Rotter, 1966). Seorang individu yang didominasi oleh internal LOC akan menghubungkan sukses maupun kegagalannya dengan usaha dan kemampuannya sendiri, termasuk pemikiran, perilaku, motivasi dan kemampuannya. Orientasi internal LOC lebih kondusif untuk pencapainya tinggi, penyesuaian sosial dan fungsi independen, namun berhubungan kuat secara positif dengan perlawanan terhadap otoritas dan kurangnya simpati untuk orang lain (Spector, 1983). Seorang individu berorientasi dominan eksternal LOC percaya bahwa hasil yang didapatnya berhubungan erat dengan kondisi tertentu diluar kontrol personal seperti keberuntungan, takdir keinginan orang lain atau pengaruh dari energi luar seperti Tuhan atau alam (Rotter, 1966). Individu dengan orientasi eksternal LOC yang kuat lebih rentan terhadap manipulasi eksternal, namun mereka juga lebih bisa menyesuaikan diri dengan norma dan ekspektasi sosial (Spector, 1983).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem kompleks adalah sebuah sistem yang terdiri dari bagian-bagian yang saling berkaitan, yang secara keseluruhan menampilkan satu atau lebih ciri/sifat tertentu (perilaku antar ciri/sifat yang mungkin) yang tidak dapat dilihat secara langsung dari individu penyusun sistem. Dengan demikian, fenomena pencurian listrik ini bisa dikaitkan dengan system kompleks, dimana pengambilan keputusan individu dan interaksi antar agen mengakibatkan munculnya *emergent properties* berupa fenomena pencurian listrik.

Pemodelan berbasis agen adalah perangkat paling tepat untuk menggambarkan dan mengamati munculnya *emergent properties* dari sebuah system kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati mekanisme yang terjadi pada masyarakat sehingga terjadinya pencurian listrik dan menguji kebijakan yang paling efektif untuk mengurangi jumlahnya. Pemodelan berbasis agen akan memberikan kemudahan untuk mengamati pola pencurian listrik secara artifisial dengan biaya yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan pengamatan langsung pada dunia nyata. Selain itu, efek dari sebuah kebijakan dapat dilihat secara langsung dan dalam waktu yang relatif cepat.

3 . Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan terlebih dahulu mendefinisikan dengan jelas permasalahan pencurian listrik yang dihadapi PT.PLN. Permasalahan pencurian listrik ini sendiri cukup kompleks karena penyebabnya sangat beragam dan tidak semata karena masalah ekonomi maupun ketidaktersediaan aliran listrik. Pelakunya beragam, mulai dari rumah tangga biasa hingga rumah tangga yang cukup mewah, industri, bisnis bahkan layanan publik terkadang menggunakan listrik curian. Tindakan pencurian listrik sendiri juga sulit diamati dan tidak ada orang yang mau mengakui bahwa dia melakukan pencurian listrik. Atau bahkan pelaku terkadang malah tidak sadar bahwa dia telah melakukan pencurian listrik.

Dari pendefinisian masalah, kemudian ditentukan pertanyaan riset dan tujuan dari penelitian dengan menggunakan pemodelan dan simulasi berbasis agen ini.Sebelum membangun model dilakukan kajian pustaka untuk mengetahui penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan fenomena pencurian listrik dan interaksi antar pelaku pengguna listrik. Dari kajian literatur dipilih model-model pengambilan keputusan, interaksi dan proses belajar antar pelaku dalam model. Kemudian,untuk membangun model fenomena pencurian listrik ini diperlukan beberapa data.

Data ini berupa data sekunder dari PT. PLN sendiri terkait dengan komposisi pelanggan, pemakaian listrik, perhitungan tarif dan perhitungan denda.Selain itu juga perlu dikumpulkan data secara kualitatif dari masyarakat pengguna listrik terkait dengan perilaku penggunaan listrik dan interaksi antar agen.

Setelah membangun model maka simulasi akan dijalankan. *Emergent properties* yang muncul diamati dan beberapa skenario untuk meminimalisir kegiatan pencurian listrik pun diuji. Dari hasil simulasi ditarik beberapa kesimpulan dan diskusi terkait dengan *emergent properties*, efektifitas tiap skenario dan keterbatasan-keterbatasan dari pemodelan dan simulasi berbasis agen yang dilakukan.

3.1. Spesifikasi agen

Agen-agen didalam model pencurian listrik ini secara garis besar dapat dibagi menjadi dua kelompok. Agen kelompok pertama adalah pelanggan-pelanggan PLN dan non pelanggan PLN yang menggunakan atau memerlukan listrik. Untuk kemudahan, pada penelitian ini, kelompok agen ini dinamakan agen pengguna listrik. Agen yang merupakan pelanggan PLN sendiri dibagi menjadi 3 jenis agen: rumah tangga, bisnis dan industri, karena masing-masing agen memiliki tarif dan jumlah pemakaian listrik yang berbeda. Ketiga segmen pelanggan ini digunakan pada penelitian ini karena kasus pencurian listrik sendiri hanya ditemukan pada ketiga segmen tersebut. Sementara itu, non pelanggan sendiri adalah pemilik rumah atau usaha yang belum teraliri listrik oleh PLN. Untuk kemudahan pemodelan dan simulasi maka karakteristik penggunaan listrik untuk non pelanggan PLN ini disamakan dengan penggunaan listrik oleh pelanggan rumah tangga dengan kelompok daya terkecil (R-1 450 watt golongan I).

Pada pemodelan ini agen pengguna listrik diasumsikan akan terus menetap dilokasi yang sama dan tidak akan pindah rumah. Dengan demikian, kegiatan pencurian listrik itu sendiri dilakukan secara sadar oleh agen dengan pertimbangan tertentu dan bukan tanpa sepengetahuan agen (misal, pencurian listrik dilakukan oleh pengguna rumah terdahulu) dan bukan pula karena adanya pihak tertentu (misal oknum PLN) yang menipu agen dengan memasangkan aliran listrik ilegal kerumah agen non pelanggan. Jumlah total agen pengguna listrik pada model ini adalah 10,000 agen. Jumlah untuk masing-masing jenis agen tersebut disesuaikan dengan persentase segmen pelanggan PLN dan non pelanggan PLN yang ada saat ini.

Selain agen-agen pelanggan tersebut, terdapat juga agen yang merupakan petugas penertiban dari PLN, atau disebut juga agen petugas P2TL. Agen ini bertugas untuk memeriksa apakah agen pengguna listrik melakukan pencurian listrik dan memberikan denda kepada pelaku pencurian listrik yang terkena penertiban. Jumlah agen ini default adalah 25 agen. Jumlah agen ini mewakili jumlah hari kerja dalam sebulan, dimana proses penertiban dilakukan setiap hari kerja dan setiap iterasi mewakili rentang waktu sebulan. Namun, jumlah ini bisa dirubah sesuai dengan kebutuhan eksperimen.

3.2. Atribut-atribut agen dan definisinya

Agen-agen pengguna listrik memiliki strategi awal yang terdiri dari *Boldness* (B) dan *Vengefulness* (V). Strategi ini ditentukan dari enam bit, enam kombinasi angka biner (0 dan 1), dimana tiga bit sebagai nilai *Boldness* dan tiga bit sisanya merupakan nilai *Vengefulness*-nya. Perhitungan nilai *Boldness* dan *Vengefulness* tersebut adalah sebagai berikut:

$$B = \sum_{i=1}^{3} (2 \times \{0,1\})^{i-1}$$

$$V = \sum_{i=4}^{6} (2 \times \{0,1\})^{i-4}$$

Dengan *i* adalah posisi bit dalam larik (*array*) strategi.

Boldness digunakan untuk menentukan apakah seorang agen akan melakukan pencurian listrik atau tidak, sementara *Vengefulness* untuk menentukan apakah agen tersebut akan melakukan pengaduan kepada PLN jika ia melihat atau mengetahui ada agen yang melakukan pencurian listrik tersebut.

Semua agen pengguna listrik akan mengunakan listrik dengan besaran pemakaian listrik yang berbeda untuk jenis agen yang berbeda. Berikut rata-rata dan rentang pemakaian listrik per agen untuk setiap jenis agen yang merupakan pelanggan PLN:

1. RumahTangga : 131.33 kWH (22.81 - 17,768.95 kWH)
2. Bisnis : 1,162.33 kWH (25.50 - 219,298.95 kWH)
3. Industri: 86,427.34 kWH (26.18 - 16,740,189.03 kWH)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya untuk agen yang bukan pelanggan PLN penggunaan listriknya diasumsikan sama dengan pelanggan PLN golongan rumah tangga dengan daya terkecil.

Jika ada agen pelanggan PLN yang melakukan pencurian listrik maka jumlah kWH listrik yang digunakan namun tidak dibayarkannya akan ditentukan berdasarkan suatu persentase tertentu. Karena modus pencurian listrik yang dilakukan oleh pelanggan PLN sifatnya memotong jalur meteran untuk perangkat listrik tertentu (biasanya AC), maupun memodifikasi putaran meteran, maka besaran pencurian listrik ini tidak akan mencapai 100% dari total penggunaan listrik.

Dalam model ini persentase jumlah listrik yang dicuri ditentukan sebesar 50% dari total daya yang digunakannya dengan standar deviasi 5%. Sementara itu untuk agen pengguna listrik yang bukan pelanggan PLN jumlah pencurian listriknya adalah 100% dari total listrik yang digunakannya. Dari besaran kWH penggunaan listrik illegal ini dihitung pula besaran total keseluruhannya. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besar kWH listrik yang hilang dan kerugian yang dialami oleh PLN.

Selain itu agen-agen pengguna listrik juga memiliki status. Status-status ini antara lain: "*dishonest*" untuk agen yang melakukan pencurian listrik; "*honest*" untuk yang tidak melakukan pencurian listrik; "*punished*" untuk agen yang dikunjungi agen petugas P2TL; dan "*report*" untuk agen yang melaporkan tetangganya pada petugas P2TL.

Semua agen pengguna listrik ini juga memiliki tipe lokus kontrol yaitu agen dengan lokus kontrol internal dan agen dengan lokus kontrol eksternal. Kedua tipe agen ini akan membedakan cara belajar agen dalam model pencurian listrik. Agen dengan lokus kontrol internal memiliki atribut "*best strategy*", untuk menyimpan strategi yang memberikannya imbalan terbesar. Sementara itu, agen dengan lokus kontrol eksternal memiliki *memory* imbalan yang menyimpan total imbalan selama selang waktu untuk proses belajar agen tersebut.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, agen petugas P2TL bertugas untuk memeriksa apakah agen pengguna listrik melakukan pencurian listrik atau tidak. Jika agen pengguna listrik yang melakukan pencurian listrik didatangi oleh agen petugas P2TL maka agen tersebut harus membayar denda. Diasumsikan jenis pelanggaran yang dilakukan adalah jenis PELANGGARAN GOL.II (PII), yaitu mempengaruhi pemakaian energi tetapi tidak mempengaruhi batas Daya. Perhitungan denda (tagihan susulan) yang harus dibayarkan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Tagihan Susulan} = 9 \times 720\,\text{jam} \times 0{,}85 \times \text{Daya Tersambung} \times \text{harga kwh tertinggi ybs sesuai TDL}$$

Besar daya yang dicuri agen, *reward* atas laporan yang diberikan dan denda yang harus dibayar saat terkena penertiban di atas digunakan untuk menentukan imbalan yang didapatkanoleh masing-masing agen. Nilai imbalan nantinya digunakan pada proses belajar agen. Perhitungan imbalan tersebut akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

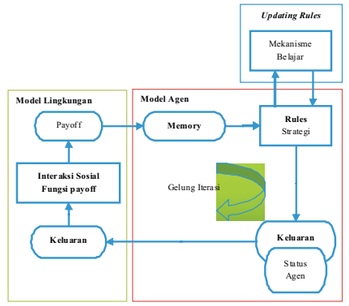
3.3. Spesifikasi lingkungan tempat agen berinteraksi

Agen berinteraksi sesuai dengan *network* (jaringan) yang terdiri atas keluarga dan teman-teman terdekat agen tersebut. Hal ini dikarenakan informasi yang akan dibagi oleh agen-agen tersebut adalah strategi agen dalam pemakaian listrik, yang menentukan apakah agen tersebut melakukan pencurian listrik atau tidak, serta imbalan yang didapatkan oleh agen tersebut. Informasi demikian tidak akan dibagi seseorang pada sembarang orang dan hanya akan dibagi pada orang-orang yang sangat dekat dengannya. Selain itu, kegiatan pencurian listrik sendiri cukup kasat mata dan sulit dideteksi oleh orang awam dengan hanya melihat tempat tinggal agen. Penentuan jumlah agen yang berada pada *network* terdekat dengan seorang agen dan siapa saja agen tersebut ditentukan secara acak. Dengan dasar pemikiran tersebut, model ini menggunakan lingkungan berbentuk torus. Agen akan berinteraksi dengan 8 agen terdekat dengannya.

3.4. Spesifikasi *decision rule* dan interaksi antar agen

Secara keseluruhan, masing-masing agen pengguna listrik memiliki strategi *Boldness-Vengefulness*, jenis lokus kontrol, status, *best strategy* dan imbalan. Pada setup awal, strategi *Boldness-Vengefulness* setiap agen didefinisikan secara acak. Jenis agen juga didefinisikan dengan komposisi yang sesuai dengan komposisi pelanggan - non pelanggan PLN: 65% pelanggan dan 35% non pelanggan. Sementara itu komposisi agen pelanggan sendiri sebagai berikut: 92.74% rumah tangga, 0.12% industri, dan 4.41% bisnis. Selain itu juga ditetapkan golongan-golongan pelanggan PLN, untuk menentukan penggunaan listriknya. Model dari kasus pencurian listrik ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Decision rule setiap agen menggunakan permainan norma. Pertama agen akan menjadi "*dishonest*" jika probabilitas terlihatnya lebih kecil dari nilai *Boldness*. Kemudian ditentukan jumlah pemakaian listrik agen sesuai dengan golongan yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya. Jika agen adalah pelanggan PLN dan berkhianat (melakukan pencurian listrik) maka ditentukan pula persentase pencurian listrik agen dari keseluruhan pemakaian listrik. Sementara itu jika agen adalah non-pelanggan dan "*dishonest*" otomatis jumlah pencurian listrik adalah sama dengan jumlah pemakaian listrik agen.



Gambar 2. Model pencurian listrik

Untuk agen petugas P2TL, setiap agen akan mengunjungi satu agen pengguna listrik dan jika agen pengguna listrik yang dikunjungi "*dishonest*", maka ia akan dikenai denda sebesar sembilan kali pemakaian listriknya. Jumlah ini disesuaikan dengan perhitungan denda tagihan susulan yang telah disebutkan sebelumnya.

Setiap agen memiliki kemungkinan untuk dapat melihat agen yang "*dishonest*" pada *netwok* terdekatnya (delapan tetangga terdekat). Untuk setiap agen tetangganya yang "*dishonest*", agen aktif membandingkan *Vengefulness*-nya dengan kemungkinan terlihat. Jika nilai *Vengefulness* lebih besar daripada kemungkinan terlihat (probability_seen), maka agen akan melaporkan agen "*dishonest*" tersebut. Alamat agen-agen yang dilaporkan tersebut kemudian disimpan di daftar laporan dan agen yang melaporkan menjadi berstatus "*report*". Agen petugas P2TL kemudian akan melakukan kunjungan (inspeksi) ke alamat yang dilaporkan pada iterasi selanjutnya.

Proses ini kemudian diulangi sebanyak waktu yang digunakan agen untuk mengevaluasi strateginya. Untuk model ini diasumsikan setiap agen akan mengevaluasi dan melakukan proses *learning* setelah setengah tahun. Karena satu iterasi dianggap sebagai satu bulan, maka 6 iterasi cukup untuk mewakili proses enam bulan tersebut.

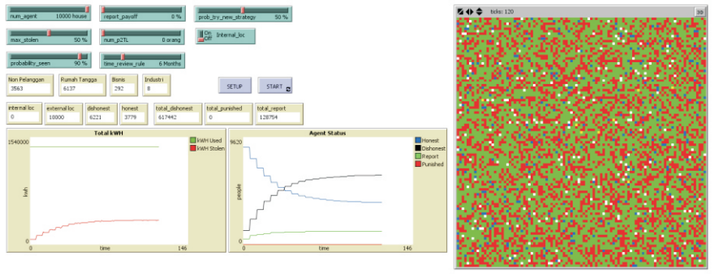
Pada setiap iterasi agen dengan lokus kontrol internal juga akan menyimpan sendiri strategi dan imbalan yang diperolehnya. Pada awal simulasi agen akan menyimpan strategi awalnya sebagai strategi terbaik. Untuk selanjutnya, strategi terbaik ini didapatkan dengan membandingkan semua strategi dalam rentang waktu tertentu dan memilih strategi dengan imbalan terbaik. Jika sepanjang rentang waktu tersebut terdapat strategi yang memiliki imbalan yang lebih baik daripada strategi terbaik agen saat itu, maka strategi tersebut dijadikan sebagai strategi terbaik baru bagi agen.

Pada awal iterasi agen jenis ini kemudian akan memilih untuk melakukan strategi terbaiknya atau mencoba strategi baru. Sementara itu, jika agen kemudian memilih untuk mencoba strategi baru, salah satu bit dari larik strategi agen akan dipilih secara acak dan dirubah nilainya (0 menjadi 1 atau 1 menjadi 0). Kemungkinan agen jenis ini untuk memperbarui strategi adalah 50%.

Agen dengan lokus kontrol eksternal akan menyusun strategi dari agen-agen di *network* terdekatnya. Agen aktif ini kemudian akan menghitung rata-rata dari data imbalan ini. Kemudian, agen membandingkan imbalannya dengan imbalan rata-rata. Jika imbalan agen berada dibawah rata-rata, maka agen akan mereplikasi strategi agen tetangganya yang terbaik.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, untuk agen petugas P2TL, pada awal iterasi akan melakukan inspeksi (mengunjungi) secara acak agen pengguna listrik. Jika agen yang dikunjungi "*dishonest*", maka agen "*dishonest*" tersebut akan menjadi "*honest*" dan memiliki status "*punished*". Kemudian, pada iterasi selanjutnya, Setiap agen P2TL akan ditugaskan untuk menginspeksi alamat pada daftar laporan, untuk setiap alamat yang telah ditangani akan dihapus dari daftar laporan dan jika daftar laporan kosong, agen petugas P2TL akan mengunjungi agen pengguna listrik secara acak.

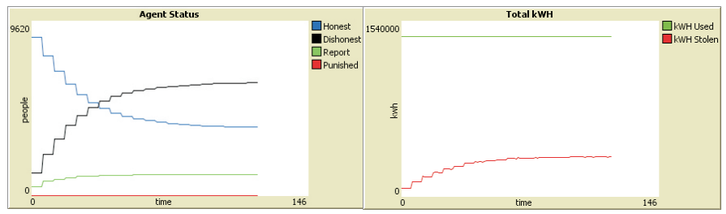
Model dibangun dengan menggukan perangkat lunak NetLogo. Grafis antar muka dari program simulasi yang dibangun dapat dilihat pada Gambar3



Gambar 3. Grafis antar muka program simulasi

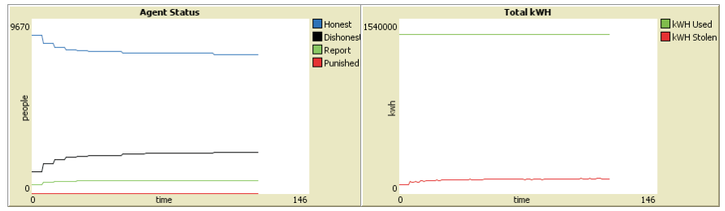
3.5. Hasil Simulasi dan Diskusi

Untuk menguji model ini, dilakukan beberapa simulasi. Diasumsikan untuk kemungkinan terlihat pada simulasi ini adalah 0.9, jumlah daya yang dicuri 50% dari total daya terpakai, waktu agen mengevaluasi strateginya 6 bulan dan kemungkinan agen lokus kontrol internal mengubah strateginya 50%. Simulasi dilakukan selama 120 iterasi, untuk mewakili 10 tahun. Simulasi pertama dilakukan dengan meniadakan agen P2TL dan fungsi lokus kontrol. Hingga secara umum, agen akan belajar dari delapan network terdekatnya. Simulasi ini dijalankan untuk melihat peran lokus kontrol dalam proses belajar. Hasil simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Status Agen – kWH Terpakai dan Hilang Simulasi 1

Simulasi kedua dilakukan dengan mengaktifkan fungsi lokus kontrol, namun tetap dengan meniadakan fungsi agen petugas P2TL. Hal ini dilakukan untuk melihat kondisi awal jika tidak adanya razia yang dilakukan oleh petugas P2TL. Hasil dari simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Status Agen – kWH Terpakai dan Hilang Simulasi 2

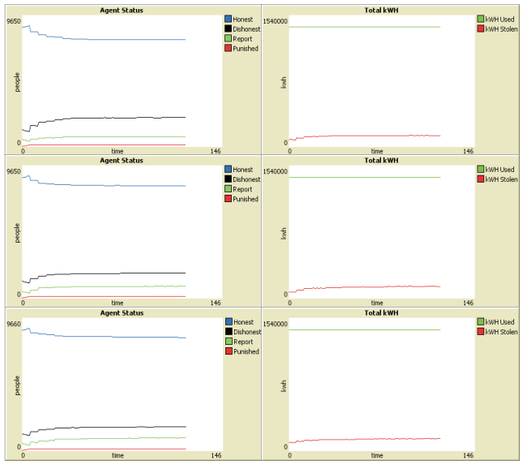
Dari hasil kedua simulasi ini dapat diketahui bahwa adanya agen dengan lokus kontrol internal mengurangi jumlah pencurian listrik. Hal ini sesuai dengan kenyataan bahwa untuk kasus pencurian listrik ini ada individu yang mengambil keputusan berdasarkan kepercayaan dan penilaiannya dan tidak melihat pada orang-orang disekelilingnya. Walaupun demikian, pada kedua simulasi dapat dilihat bahwa telah terjadi kenaikan jumlah pencurian listrik. Pada simulasi pertama kenaikan jumlah pencurian listrik sangat besar karena semua agen melakukan proses belajar dengan melihat lingkungannya. Sementara itu, kenaikannya menjadi berkurang dengan adanya individu-individu yang tidak belajar dari lingkungannya.

Untuk menguji kebijakan yang mungkin dilakukan, kemudian dilakukan simulasi untuk tiga skenario. Skenario pertama adalah dengan adanya agen petugas P2TL yang melakukan razia berdasarkan laporan masyarakat dan secara acak. Skenario kedua adalah dengan memberikan *reward* kepada agen yang melakukan pelaporan tindak pencurian listrik. *Reward* yang diberikan sebesar 10% dari denda yang dibayarkan oleh agen yang dilaporkannya. Sementara itu, skenario ketiga serupa dengan skenario kedua, namun jumlah *reward*nya ditambah yaitu sebesar 25% dari jumlah denda yang dibayarkan oleh agen yang dilaporkannya.

Keseluruhan perbandingan hasil dari ketiga skenario tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Simulasi dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing skenario, agar hasil yang didapat lebih mewakili keseluruhan hasil simulasi. Untuk memperjelas perbedaan keluaran dari masing-masing skenario, maka dilakukan juga simulasi dengan jumlah yang sama dengan jumlah iterasi lebih banyak, yaitu 240 iterasi yang mewakili 20 tahun.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi peningkatan drastis dari skenario 1 ke skenario 2 dalam jumlah agen yang "*report*". Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya kebijakan pemberian imbalan (*reward*) bagi setiap pelapor sebesar 10% dari denda yang harus dibayarkan oleh agen yang dilaporkannya semakin banyak agen yang melaporkan kejadian pencurian listrik yang dilakukan oleh agen-agen pada *network* terdekatnya. Hal ini, juga diperkuat dengan besarnya total agen yang melakukan pelaporan, yang meningkat dari besaran 60 – 70 ribu menjadi besaran 90 – 100 ribu agen.

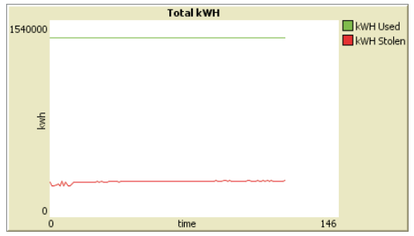
Hasil simulasi juga menunjukkan terjadinya pengurangan pada jumlah agen yang melakukan pencurian listrik, walaupun pengurangannya tampak tidak signifikan. Pada simulasi dengan iterasi 20 tahun, lebih jelas terlihat berkurangnya jumlah agen yang melakukan pencurian listrik pada skenario 2 jika dibandingkan dengan skenario 1. Namun demikian, tidak terjadi pengurangan secara signifikan pada jumlah daya yang hilang atau tercuri. Untuk skenario 3, tampak tidak terjadi perubahan berarti pada jumlah agen yang melakukan pencurian listrik. Baik pada iterasi 10 tahun maupun 20 tahun jumlah agen yang melakukan pelaporan berkisar pada 800 hingga 1000 agen.



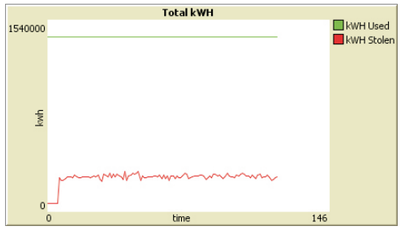
Gambar 6. Grafik Status Agen – kWH Terpakai dan Hilang untuk 3 Skenario

Pada simulasi dengan iterasi 10 tahun terlihat berkurangnya jumlah agen yang melakukan pencurian listrik pada skenario 3 jika dibandingkan dengan skenario 2. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh simulasi dengan iterasi 20 tahun, ketika *reward* dinaikkan menjadi 25% dari besaran denda yang dibayar oleh agen yang dilaporkan. Sama halnya dengan pada skenario 1 ke skenario 2, dari skenario 2 ke skenario 3 juga tidak terjadi perubahan yang berarti pada jumlah daya yang hilang atau tercuri. Walaupun jumlah agen yang melakukan pencurian listrik berkurang, namun jumlah daya yang hilang tetap sama ini diakibatkan oleh besaran daya yang dicuri. Pelaku pencurian listrik disini memang lebih sedikit namun jumlah daya yang dicuri tiap agen pelaku pencurian listrik ini lebih besar. Jumlah daya yang tidak berkurang ini sepertinya juga disebabkan oleh perhitungan sistem imbalan yang digunakan pada model ini, yaitu dengan menggunakan total daya hilang sebagai salah satu variabel perhitungan imbalan.

Perbedaan jumlah pencurian listrik juga mempengaruhi jumlah total daya yang hilang dan bentuk grafiknya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Efek dari adanya agen yang melakukan pencurian listrik dengan jumlah besar sejak awal simulasi dapat dilihat pada Gambar 7. Sementara, Gambar 8 menunjukkan bahwa pada awal simulasi tidak ada agen yang mencuri dalam jumlah besar, namun kemudian ada agen yang merubah strateginya dan melakukan pencurian listrik dengan jumlah besar. Hal ini dapat dilihat dari terjadinya lonjakan pada jumlah daya yang hilang pada Gambar 8.



Gambar 7. Efek Adanya Agen Yang Melakukan Pencurian Dalam Jumlah Besar 1



Gambar 8. Efek Adanya Agen Yang Melakukan Pencurian Dalam Jumlah Besar 2

4 . Kesimpulan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang dibangun dengan menggunakan model permainan norma dan teori lokus kontrol dapat menjelaskan terjadinya proses pencurian listrik. Dengan menggunakan permainan norma, walaupun dilakukan razia terus menerus, pencurian listrik akan terus terjadi selama kemungkinan terlihat (probability_seen) kecil dari 100%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa teori lokus kontrol menunjukkan adanya agen yang memiliki prinsip sendiri berkaitan dengan isu pencurian listrik dan tidak melihat tetangganya dalam pengambilan keputusannya. Hal ini menyebabkan jumlah pencurian listrik tidak bertambah dengan cepat.

Pemberian *reward* pada pelapor dapat meningkatkan jumlah pelaporan dan mencegah terjadinya kenaikan jumlah pencurian listrik. Namun demikian, jumlah daya yang hilang akibat kegiatan pencurian listrik ini masih sulit dikurangi. Untuk itu, perlu dicoba jenis kebijakan lain yang lebih baik untuk mengurangi jumlah daya yang hilang akibat kegiatan pencurian listrik tersebut.

Model yang dibangun pada penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Pada model ini kehadiran oknum PLN yang melakukan penipuan pada pengguna listrik tidak diperhitungkan. Sementara itu, asumsi yang menyatakan bahwa pemilik rumah secara sadar melakukan pencurian listrik dan tidak akan pindah dari rumah tersebut juga merupakan kekurangan model ini. Pada kenyataannya, cukup banyak juga kasus pencurian listrik yang terjadi tanpa sepengetahuan pemilik rumah. Hal ini terjadi karena terjadinya perpindahan pemilik rumah dan pencurian listrik sebenarnya dilakukan oleh pemilik rumah terdahulu. Selain itu, model ini juga perlu disesuaikan dengan kondisi nyata dengan meminta pendapat dari warga pengguna listrik dan pihak PLN sendiri, terutama dalam hal perhitungan imbalan. Sehingga fungsi imbalan dapat lebih mencerminkan realitas pada dunia nyata.

Daftar Pustaka

Axelrod, R. (1986). An Evolutionary Approach to Norms. *The American Political Science Review, Vol. 80, No. 4* , 1095-1111.

Axelrod, R., & Tesfatsion, L. (2006). A Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences. In K. L. Judd, & L. Tesfatsion, *Handbook of Computational Economics, vol 2: Agent-Based Computational Economics* (p. Appendix A). Amsterdam, North-Holland: Elsevier B.V.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Berita Jakarta. (2009, 11 18). Sambungan Listrik Ilegal PKL Tambora Diputus. Retrieved 3 9, 2010, from beritajakarta.com: http://www.beritajakarta.com/2008/id/berita_detail.asp?nNewsId=36226&idwil=4

Ginter, P. M., & White, D. D. (1982). A Social *Learning* Approach to Strategic Management: Toward a Theoretical Foundation. *The Academy of Management Review, Vol. 7, No. 2* , 253-261.

Levenson, H. (1981). Differentiating among internality, powerful others, and chance. In H. M. Lefcourt, *Research with the lokus kontrol construct: Assessment methods Vol. 1* (pp. 15-63). New York: Academic Press.

Niehoff, B. P., Paul, R. J., & Bunch, J. F. (1998). The Social Effects of Punishment Events: The Influence of Violator past Performance Record and Severity of the Punishment on Observers' Justice Perceptions and Attitudes. *Journal of Organizational Behavior, Vol. 19, No. 6* , 589-602.

PT. PLN. (1996, Juni). *Operasi Penertiban Aliran Listrik* . Dipetik Maret 8, 2010, dari PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jakarta dan Tangerang Homepage: http://www.indo.net.id/pln/htdocs/operasi.htm

Republika Newsroom. (2009, November 17). *Republika Online - Akibat Pencurian Listrik, PLN Bekasi Rugi Rp 234 Miliar*. Dipetik Desember 1, 2009, dari Republika Online: http://www.republika.co.id/berita/89954/Akibat_Pencurian_Listrik_PLN_Bekasi_Rugi_Rp_234_Miliar

Rotter, J. B. (1966). Generalized expectancies for internal and eksternal control of reinforcement. *Psychological Monographs, 80*, 1-28.

Spector, P. E. (1983). Lokus kontrol and social influence susceptibility:Are eksternals normative or informational conformers? *Journal of Psychology, 115*, 199-201.

Tenbrunsel, A. E., & Messick, D. M. (1999). Sanctioning Systems, Decision Frames, and Cooperation. *Administrative Science Quarterly, Vol. 44, No. 4*, 684-707.

Trevino, L. K. (1992). The Social Effects of Punishment in Organizations: A Justice Perspective. *The Academy of Management Review, Vol. 17, No. 4* , 647-676.

Weiner, B. (1974). *Achievement motivation and attribution theory.* Morristown, NJ: General *Learning* Press.

Yuniati, Y., & Supriatna, K. (2003, April 09). *Liputan 6 :: Pedagang Kaki Lima Pencuri Listrik Terbesar*. Dipetik Desember 1, 2009, dari Liputan 6: http://berita.liputan6.com/ibukota/200304/52637/class=%27vidico%27