

TESIS MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA ITS (2001)

EXACT :

**EXPERT SYSTEM FOR STRUCTURAL ANALYSIS
AND DESIGN OF COMMUNICATION TOWER**

Oleh : Tony Hartono Bagio (email: tony@narotama.ac.id) ♥

ABSTRACT

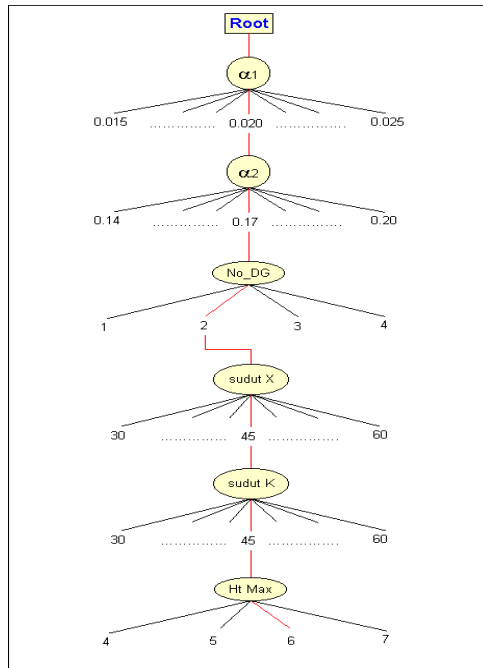
EXACT – an Expert system for structural analysis and design of communication towers. The three inputs given to a tower designer are the tower height (H_t in meters) , wind velocity (V in m/second) and weight of antennae (P in kgs). Based on these inputs, the overall configuration of the tower has to fixed by the users, e.g.. , number of panel on the top of tower, height of top's panel, type of bracing. Parameters such as the base width, the top width, spacing of the panels, will be given on to the consultation.

The IF-THEN format of the knowledge representations used to make the system “learn” the rule as it solves more problems. A sample session with EXACT is also included. The system is implemented on Microsoft Windows using Visual Dbase 5.5. The obtained final results are dimensions of optimum equal angles.

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan Tower khususnya konstruksi baja, banyak sekali type konstruksi baja, yang diperlihatkan pada gambar 1, dimana menurut[13], type konstruksi tersebut terdiri dari :

♥ Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Narotama, Surabaya
Sarjana Teknik Sipil alumnus UK Petra, Surabaya
Magister Teknik Informatika alumnus ITS, Surabaya



Gambar 1. Jumlah Type Konstruksi Tower

Dimana :

$$\alpha_1 = \frac{\text{Lebar_Atas_Tower}}{\text{Tinggi_Tower}}$$

(0.015, 0.020) = 11 jenis

$$\alpha_2 = \frac{\text{Lebar_Bawah_Tower}}{\text{Tinggi_Tower}}$$

(0.14 0.20) = 7 jenis

No_DG = jumlah DG (Distinguish Geometry)

= 1, 2, 3, 4 = 4 jenis

Sudut_x = 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°
= 7 jenis

Sudut_k = 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°
= 7 jenis

Ht_{max} = 4m, 5m, 6m, 7m
= 4 jenis

Jumlah Type Konstruksi
= 11 × 7 × 4 × 7 × 7 × 4
= **60.368**

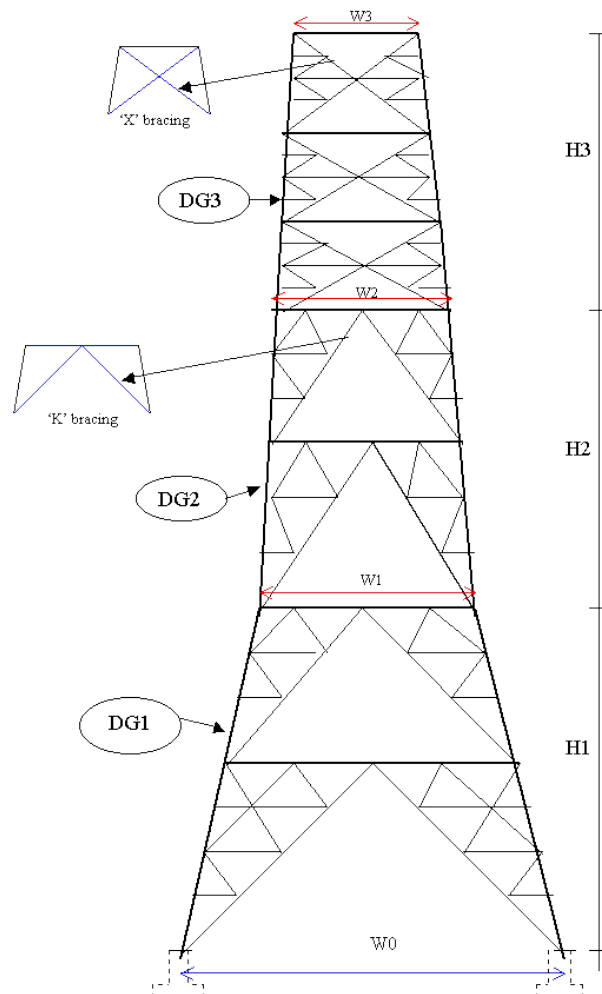
Dengan banyaknya jumlah Type Konstruksi Tower (= 60.368 type), maka diperlukan suatu metode heuristic, salah satunya menggunakan rule base system, yang gunanya untuk menyeleksi type konstruksi, dimana output dari pilihan type konstruksi yang dilakukan akan dipergunakan sebagai input data dalam analisa struktur, kemudian output dari analisa struktur dipakai sebagai input dalam disain dimensi profil, terakhir output dari disain merupakan penampang siku (L) masing-masing batang yang optimum .

Tower khususnya Komunikasi Tower, mempunyai beberapa macam ragam kegunaan yaitu sebagai Tower untuk Radio AM(Amplitudo Modulasi) , Radio FM (Frekuensi Modulasi) ataupun BTS (Base Transmite Satelite). Selain itu lokasi dimana Tower itu berada sangat mempengaruhi struktur dari Tower tersebut. Ketinggian dari Tower yang sangat tergantung dari fungsi Tower itu digunakan merupakan salah satu data yang penting, selain itu juga, beban dari Antene yang akan ditahan oleh Tower merupakan data yang penting.

Kesulitan dalam menganalisa suatu struktur rangka batang adalah banyak data geometry , mulai dari input koordinat, boundary condition, batang yang akan dipakai (numbers of element), hubungan antara batang (element connectivity), beban yang harus dimasukkan, kemudian setelah hasil tegangan didapatkan, diperlukan lagi mendisain tiap-tiap batang dari seluruh konstruksi baja tersebut.

Sistem Pakar Berbasis Aturan yang dirancang untuk menghasilkan bentuk penampang konstruksi baja yang optimum dari tower. Batasan permasalahan yang dapat diselesaikan adalah kondisi tanah dianggap ideal, struktur yang dipakai adalah struktur baja, analisa struktur memakai rangka batang bidang dengan bahan elastis linier. Beban horizontal yang dominan adalah beban angin. Bentuk

Komunikasi Tower yang dibahas pada thesis ini dibatasi hanya seperti gambar 2 (Communication Tower).



Gambar 2. Communication Tower

METODOLOGI

Langkah-langkah yang dipakai dalam pemecahan masalah adalah sebagai berikut : Mekanisme inference dilakukan pertama kali untuk menentukan type konstruksi dengan rule base, dari hasil konsultasi akan mendapatkan bentuk tower yang dikehendaki, dari hasil bentuk Tower tersebut akan di analisa dengan menggunakan Analisa Struktur Rangka Batang Bidang memakai Metode Stiffness Matrix. Hasil analisa ini, tegangan dalam yang terjadi pada setiap batang, sebagai dasar untuk menentukan dimensi dari profil batang siku, dengan menggunakan ref [1]. Hasil-hasil mulai dari proses inference sampai penentuan dimensi batang disimpan dalam Data Base.

I. DATA UTAMA.

Data utama yang diperlukan pada proses ini adalah sebagai berikut :

Tinggi Tower (H_t) = satuan m

Kecepatan Angin (V) = satuan m/detik

Beban Antena = satuan kg
Mutu Baja yang digunakan = kg/cm^2

II. MEKANISME INFERENCE

Tujuan proses ini dilakukan adalah untuk memperkecil jumlah alternatif dari beberapa ragam model Tower, kenapa hal ini dilakukan ?. Sebagai contoh kita akan mendisain Tower dengan ketinggian 70 m. Model Tower dengan ketinggian 70 m ini ada berbagai ragam model. Lebar dasar W menurut [13] = $0.14 \text{ s/d } 0.20 * H_{\text{Tower}}$ (Tinggi Tower), Sudut kemiringan bracing terhadap horizontal = $30^\circ \text{ s/d } 60^\circ$, Tinggi panel (Hpanel) antara 4m – 7m, berdasarkan ketiga rumus tersebut EXACT menentukan W(lebar) = $0.17 * H_t$. Angka 0.17 dihitung dengan manual, dengan cara sebagai berikut :

- 1) Dihitung terlebih dahulu lebar dasar Tower (Bracing = K) dengan sudut antara $30^\circ \text{ s/d } 60^\circ$, Tinggi panel (Hpanel) antara 4m – 7m. Didapatkan nilai = { 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 8, 8, 10, 10, 10, 10, 11, 12, 12, 12, 14, 14, 14, 14, 17, 17, 17, 17, 20, 21, 24 }
- 2) Hitung lebar dasar dengan rumus = $0.14 \text{ s/d } 0.20 * H_{\text{Tower}}$ (= 70m), untuk setengah lebar tower didapatkan nilai = { 4.9, 5.25, 5.6, 5.95, 6.3, 6.65, 7 } atau dibulatkan menjadi { 5, 5, 6, 6, 6, 7, 7 }
- 3) Jumlah angka-angka dari himpunan 1) $1 \times 5, 2 \times 6, 3 \times 7$, sedang dari himpunan 2) $2 \times 5, 3 \times 6, 2 \times 7$, rata-rata = $2 \times 5 + 3 \times 6 + 2 \times 7 = 42$, Penyebut = $2+3+2 = 7$, jadi $42/7 = 6$.
- 4) Jadi lebar total = $2 * 6 = 12 \text{ m}$
- 5) Kita cari angka yang mendekati nilai 12m, yakni 11.9m, maka data ini yang kita pakai .
- 6) Jadi kita meringkas beberapa alternatif menjadi lebih kecil. Jadi pada Decision Tree, untuk category 51m – 70m menggunakan lebar = $0.17 * \text{Tinggi_Tower}$.

Dalam hal pemilihan model yang begitu banyak dalam proses ini selain memperkecil alternatif pilihan akan mendapatkan juga parameter tambahan, antara lain adalah lebar dasar tower, lebar DG (distinguish geometry), tinggi panel, lebar panel, jumlah panel, bracing yang dipakai. Output yang dihasilkan dari proses ini adalah **type konstruksi** dari tower yang akan dianalisa pada tahap berikutnya.

Type Konstruksi yang dimaksud dalam hal ini adalah untuk menjelaskan parameter-parameter tambahan, contoh type konstruksi = 1CKKXX, yakni mempunyai lebar dasar sebesar = $0.20 * H_t$ (Tinggi Tower); jumlah DG (Distinguish Geometry) sebanyak 4 buah; lebar masing-masing DG dari bawah ke atas adalah 18m, 12m, 3m, 3m. Tinggi masing-masing DG dari bawah ke atas adalah 60m, 30m, 15m, 6 m, Jumlah masing-masing panel dari bawah keatas adalah 7,7,4,3. Tinggi masing-masing panel adalah $10 \times 6\text{m}, 6 \times 5\text{m}, 3 \times 5\text{m}, 2 \times 3\text{m}$, type bracing adalah $10K, 6 \times K, 3 \times X, 2 \times X$. Parameter tambahan inilah yang akan dipakai pada proses analisa struktur.

III. ANALISA STRUKTUR

Type Konstruksi / parameter tambahan yang dihasilkan dari proses mekanisme inference (item B diatas), dan ditambah Data Utama , akan menghasilkan **data sementara** , dimana data sementara ini adalah sebagai berikut:

a) Geometry struktur.

Geometry struktur Tower ini terdiri atas gabungan : Tinggi Tower (berdasarkan Data Utama), dan parameter tambahan (hasil dari mekanisme Inference). Adapun Geometry struktur yang dimaksud adalah kumpulan data yang akan dianalisa, seperti misalnya : koodinat joint, elemen connectivity dan lain sebagainya.

b) Gaya yang bekerja pada joint : yaitu **Gaya Horizontal dan Gaya Vertical**.

Gaya Horizontal : adalah gaya yang bekerja pada titik buhul searah sumbu x, Gaya Horizontal ini ditimbulkan oleh kecepatan angin (berasal dari Input Data Utama), oleh [3] kecepatan angin (dalam satuan m/detik) dikonversikan menjadi gaya yang bekerja pada sumbu x (dalam satuan kg), dengan menggunakan Rumusi berikut ini:

$$F = q_z G_H [C_F A_E + \sum (C_A A_A)] / 9.8 \quad (\text{satuan dalam kg})$$

Dimana :

$$q_z = 0.613 K_z V^2 (\text{Pascal})$$

$$K_z = \sqrt[7]{\left(\frac{z}{10}\right)^2} ; 1 \leq K_z \leq 2.58 \text{ dan } V = \text{kecepatan angin (satuan = m/detik)}$$

z = tinggi pada titik tengah section ke tanah (satuan meter)

$$G_H = 0.65 + \frac{0.60}{\sqrt[7]{\frac{H_t}{10}}} ; 1 \leq G_H \leq 1.25$$

H_t = Tinggi Tower (satuan meter)

$[C_F A_E + \sum (C_A A_A)] \approx 40\% \times \text{luasan bidang miring tower yang ditinjau}$

Sedang **Beban Vertikal** adalah beban Antena yang bekerja pada 2(dua) Titik teratas, adapun Nilai Beban Vertikal adalah berdasarkan Data Utama.

Hasil dari prosedur a) dan b) merupakan **input Data** pada Analisa Struktur. Untuk menghitung Analisa Struktur, digunakan metode Stiffness Matrix [15,18], dimana Stiffness matrix pada setiap elemen, (khususnya rangka batang bidang) dapat dilihat pada persamaan berikut ini [18]

P/X	1	2	3	4
1	$+\cos^2 \alpha$	$+\sin \alpha \cos \alpha$	$-\cos^2 \alpha$	$-\sin \alpha \cos \alpha$
2	$+\sin \alpha \cos \alpha$	$+\sin^2 \alpha$	$-\sin \alpha \cos \alpha$	$-\sin^2 \alpha$
3	$-\cos^2 \alpha$	$-\sin \alpha \cos \alpha$	$+\cos^2 \alpha$	$+\sin \alpha \cos \alpha$
4	$-\sin \alpha \cos \alpha$	$-\sin^2 \alpha$	$+\sin \alpha \cos \alpha$	$+\sin^2 \alpha$

Setelah melakukan analisa struktur, **output** yang dihasilkan dalam proses ini adalah **gaya-gaya dalam** yang bekerja pada setiap batang, digunakan sebagai data pada proses selanjutnya, yakni proses disain.

D. DISAIN STRUKTUR BAJA

Mutu Baja (dari item DATA UTAMA diatas) dan Gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari proses Analisa Struktur merupakan **input** pada proses ini. Dimana apabila gaya dalam pada batang tersebut mendapatkan nilai (+) positif dikatakan batang mendapatkan tarikan (disebut batang tarik) sedangkan sebaliknya disebut batang tekan.

Adapun disain terhadap batang tarik atau tekan dapat dilihat pada rumusan dibawah ini

BATANG TARIK

Tegangan rata-rata dihitung dengan rumus :

$$\sigma_r = \frac{P}{A_n} \leq 0.75 \times \bar{\sigma}$$

dimana : P = Tegangan tarik pada batang (kg); An=Luas penampang bersih (cm²); σ_r = Tegangan rata-rata (kg/cm²); $\bar{\sigma}$ = Tegangan izin (kg/cm²)

Kelangsingan batang tarik untuk konstruksi utama (λ) ≤ 240 , sedang untuk konstruksi sekunder (λ) ≤ 300 ,

BATANG TEKAN

Stabilitas Batang Tekan direncanakan supaya tidak terjadi bahaya tekuk, berikut ini adalah syarat-syarat utamanya.

$$(a) \quad \omega \frac{P}{A} \leq \sigma_d$$

P = Gaya tekan pada batang

A = Luas penampang batang

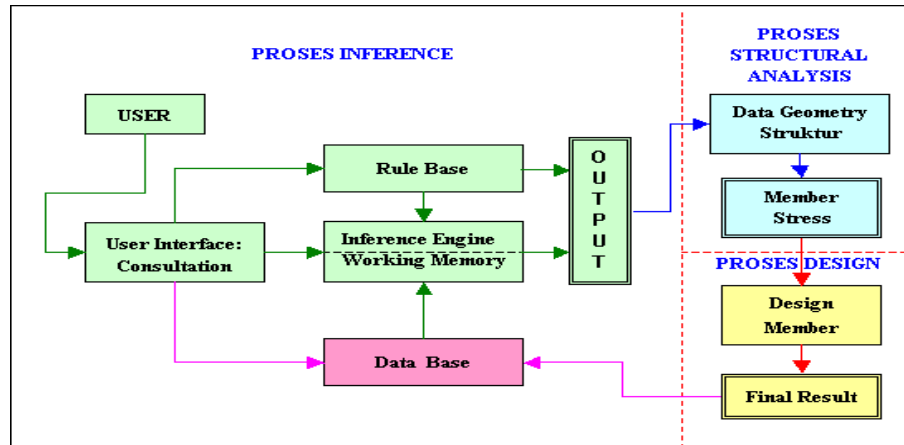
σ_d = Tegangan dasar

ω = Faktor tekuk yang tergantung dari kelangsingan (λ) dan macam bahannya harga ω didapat dari persamaan berikut :

Kelangsingan batang tekan (λ) ≤ 200 .

ARSITEKTUR EXACT

Disain Arsitektur EXACT seperti diperlihatkan pada gambar 3. yang mendefinisi kanubungan-hubungan antara elemen-elemen utama.



Gambar 3. Arsitektur EXACT

PROSES INFERENCE

User Interface

Memasukan Input Data yang terdiri dari Tinggi Tower, Kecepatan Angin, Beban Antena dan melakukan proses konsultasi

Data base

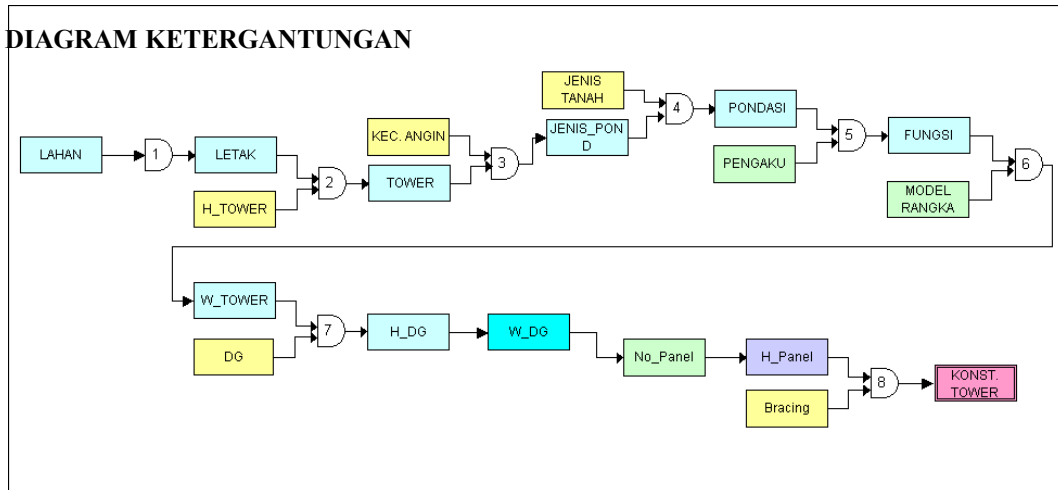
Semua hasil konsultasi antara user dan komputer, akan dicatat (di"record") oleh bagian ini (database), pencatatan dilakukan saat dimulainya proses inferensi ini sampai user mendapatkan jawaban terakhir. Selain mencatat proses inferensi, mencatat pula data yang telah dan pernah dianalisa dan didesain, hal ini dilakukan untuk mempercepat proses apabila pernah memproses data yang mirip dengan data yang baru, karena apabila data sudah pernah ada, maka user tidak perlu melakukan analisa atau disain lagi.

Inference Engine

Untuk memilih beberapa alternatif yang ada dalam rule base, Proses *Forward Chaining* diperlukan disini dalam mencari solusi berdasarkan goal konsultasi dan rule base yang ada dalam working memory.

Rule Base

Rule Base dibentuk berdasarkan **Diagram Ketergantungan** dan **Decision Tree** , yang masing-masing diperlihatkan pada gambar 4 dan gambar 5



Gambar 4. Diagram Ketergantungan

Setelah semua kebutuhan dianalisa, pemecahan masalah ditentukan, dan batasan masalah yang ditangani diputuskan (seperti lebar atas, Tinggi Tower minimum dan maximum), untuk selanjutnya pengembangan sistem berbasis pengetahuan dilakukan dengan beberapa tahap.

Pada gambar 4 diatas dijelaskan urutan – urutan proses inference, dimana data-data disebelah kanan sangat tergantung dari data dari sebelah kiri, sebagai contoh : pada blok ini data LOKASI dan LAHAN harus sudah tersedia, demikian juga terhadap blok W_TOWER (Lebar Tower), sangat tergantung dari H_TOWER (tinggi tower), akan tetapi juga tergantung dari Blok DG, blok DG sendiripun tergantung dari blok H_TOWER..

Demikian juga dari gambar 5. akan membentuk suatu Rule Base. Representasi rule base diimplementasikan ke dalam bentuk clauses, yang dibagi menjadi : *Question Clause* dan *Rule Clause*. (*representasi Question Clause dan Rule Clause, diperlihatkan dalam contoh berikut ini*).

Output

Hasil akhir yang diharapkan dari proses inference adalah kode konstruksi, (type konstruksi telah dibahas pada bab diatas), dimana kode konstruksi ini menyimpan informasi yang telah dilakukan selama proses inferensi

PROSES STRUCTURAL ANALYSIS

Data Geometry Struktur

Data dari hasil Output akan diextract menjadi data geometry, gaya luar (beban Horizontal), selain data dari hasil “OUTPUT”, data lain yang digunakan adalah data dari User Interface (Beban Antena) sebagai gaya luar (beban vertical), kesemua data tersebut merupakan input dari Analisa Struktur

Member Stress

Proses analisa struktur dengan data geometry struktur sebagai data input, karena elemen masing-masing batang belum diketahui besarannya, dan merupakan juga data yang harus dimasukkan dalam proses analisa, maka pada tahap

perhitungan awal, menggunakan profil siku (\angle) 50×50×5, profil ini dipakai berdasarkan pertimbangan bahwa profil ini adalah profil minimum yang diizinkan untuk perencanaan Tower,

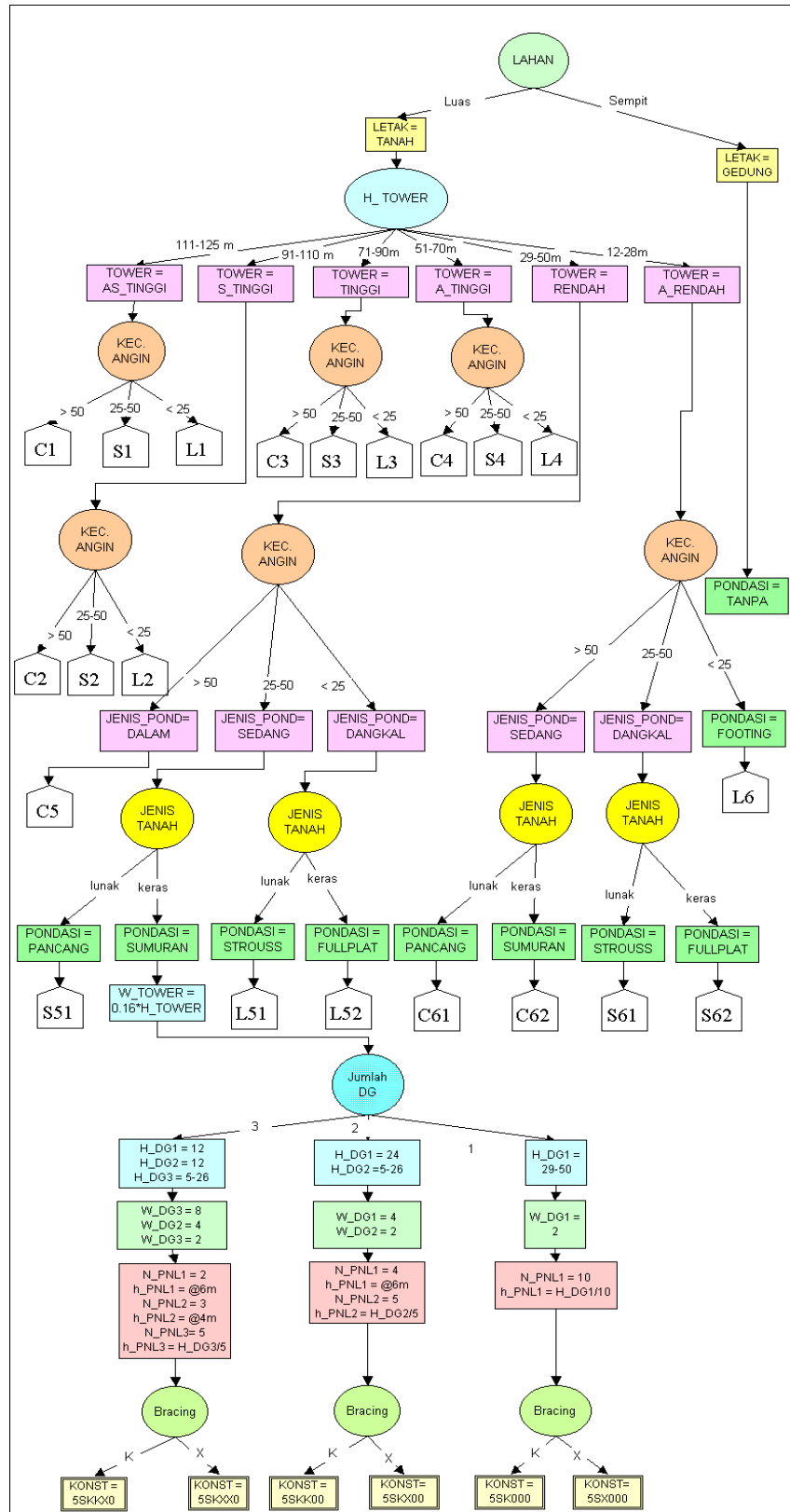
PROSES DESIGN

Design Member

Gaya-gaya dalam setiap batang yang dihasilkan dari proses analisa struktur , di kategorikan menjadi dua, yaitu batang tekan dan batang tarik. Kemudian batang-batang tersebut didisain untuk mencari tegangan yang optimum.

Final Result

Merupakan hasil akhir dari keseluruhan proses, dimana dimensi dari profil yang optimum dihasilkan, data tersebut dimasukkan kedalam database, untuk disimpan sebagai data tambahan. Sehingga apabila ada suatu input dengan tipe yang sama tidak perlu melakukan proses Analisa Struktur dan Design Member (dalam proses Design)



Gambar 5. Decision Tree

CONTOH :

QUESTION CLAUSE

Question Clause digunakan untuk mengidentifikasi fakta yang didapat dengan cara menanyakan kepada user secara langsung tentang nilai fakta yang ada. Fakta ini merupakan fakta yang bersifat dasar

Struktur Question Clause :

ASK <variabel> : "<teks pertanyaan>"

CHOICE <variabel> : "<pilihan yang disediakan>"

CONTOH:

ASK LAHAN : Luas tanah yang akan dibangun ?

CHOICE LAHAN : Luas, Sempit

ASK LETAK : Dimana Tower berada ?

CHOICE LETAK : Gedung, Tanah

ASK TANAH : Jenis tanah yang akan digunakan?

CHOICE TANAH : Keras, Lunak

RULE CLAUSE

Rule clause digunakan untuk mempresentasikan pengetahuan berdasarkan metode yang dipilih. Clause ini digunakan untuk memulai menderivasi fakta yang diperlukan yang secara garis besar digambarkan sebagai berikut:

RULE <labeln>

IF <variable> <operator> <nilai>

AND <variable> <operator> <nilai>

AND

THEN <variable> <operator> <nilai>

Contoh berikut ini merupakan struktur basis pengetahuan yang sebelumnya telah dirancang dengan menggunakan decision tree dan tabel keputusan .

Rule 10

IF LAHAN = Luas

THEN LETAK = Tanah

Rule 20

IF LAHAN = Sempit

THEN LETAK = Gedung

Rule 30

IF LETAK = Tanah

AND H_TOWER = 111 – 125 m (Tinggi Tower antara 111m s/d 125m)

THEN TOWER = AS_TINGGI (Amat Sangat Tinggi).

Rule 40

IF TOWER = AS_TINGGI

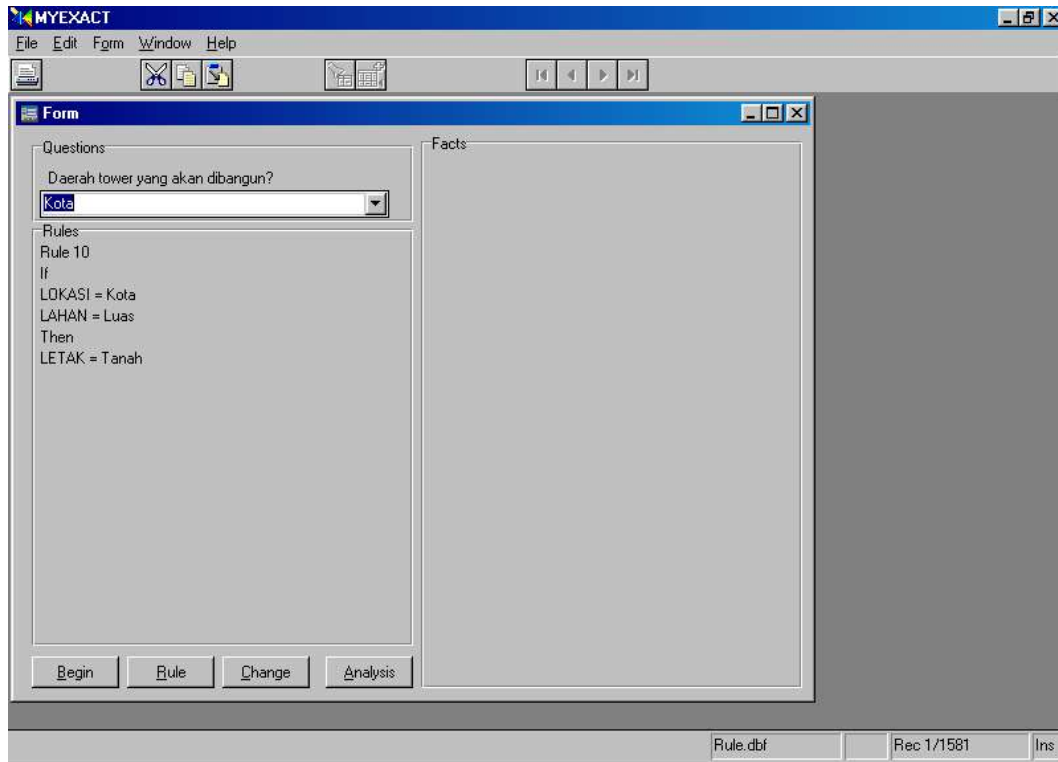
THEN W_TOWER = $0.2 * H_TOWER$

(*Lebar Tower = 20% x Tinggi Tower*)

dan seterusnya

EVALUASI PROGRAM

Pada gambar 6 (Pengoperasian Program), merupakan implementasi pemakaian program, pada gambar button (pada baris bawah), ada empat pilihan Button, yakni : Begin, Rule, Change dan Analysis.



Gambar 6 Pengoperasian Program

Begin : menginisiasi program pada kondisi awal, khususnya file stack.dbf, data sebelumnya yang ada di dalam stack.dbf akan di zap. (dihapus total), stack.dbf kosong.

Rule : akan melihat rule-rule yang ada pada Database, mulai rule number terkecil (nomor 10), sampai dengan nomor maximal.

Change : bila mengeklik ini maka proses inference berlangsung, dengan kondisi yang diawali dengan rule nomor 10. Setiap pertanyaan yang diajukan, dapat langsung dipilih jawabannya, dengan mengeklik langsung *vertical-bar* yang berada tepat dibawah pertanyaan dalam bentuk *Combo Data*. Perubahan akan tampak pada bagian **Facts**, bila menekan *button change* dimana merupakan tempat penataan hasil dari rule. Data dibagian Facts akan berubah terus menerus, sampai Rule disebelah kiri kosong, maka proses Change berhenti

Analysis : proses konsultasi apabila telah selesai (dengan ditandai apabila papan Rules kosong, tanpa data rule, maka proses inference berakhir), bila mengeklik *button* ini, proses analisa struktur sampai menghitung profil baja akan dilakukan.

EVALUASI PROGRAM

Atau secara umum ada 3 (tiga) komponen utama yang dilakukan untuk mengevaluasi, yakni : tahap Evaluasi konsultasi dengan Proses *Inference*, tahap Evaluasi Analisa dengan Analisa Struktur dan Evaluasi Disain . Data berikut ini akan dilakukan tahap konsultasi, analisa dan desain :

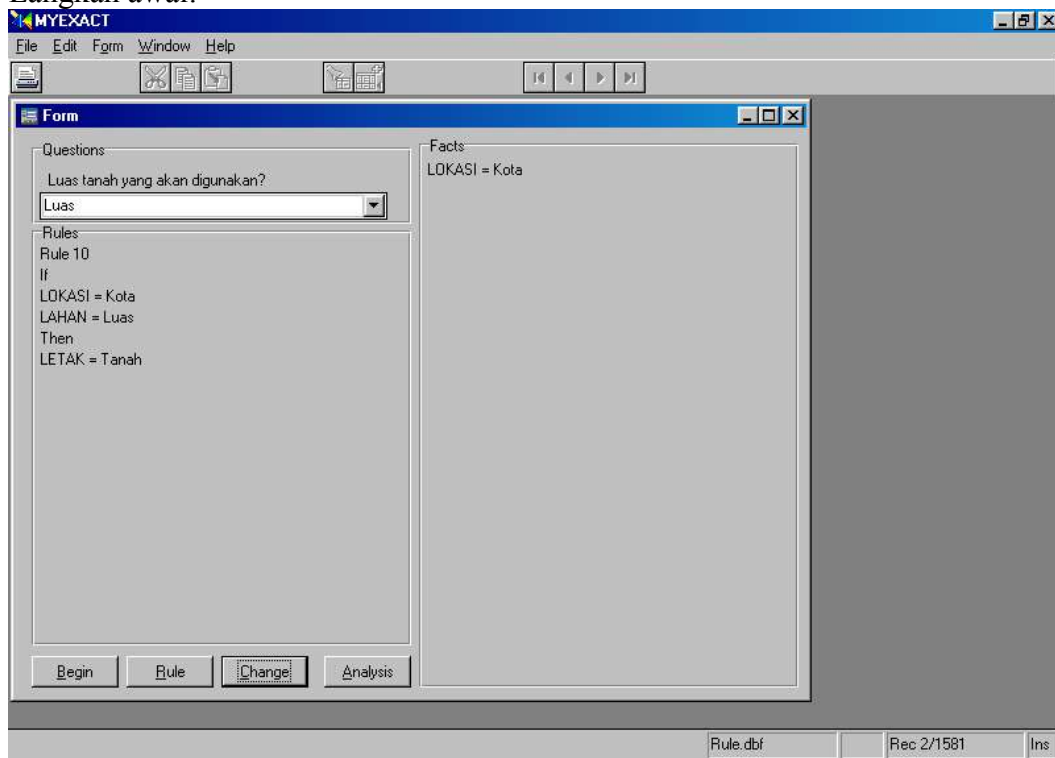
- a) Tinggi Tower = 75 m
- b) Kecepatan angin = 40 m/detik
- c) Beban Antenne = 100 kg
- d) Lokasi = di Kota
- e) Lahan = Luas
- f) Letak = di Tanah
- g) Jenis Tanah = Lunak
- h) Jumlah DG (Distinguish Geometry) = 3
- i) Type Bracing = X

EVALUASI PROSES INFERENCE

Evaluasi ini merupakan langkah-langkah dari proses system pakar yang kemudian disimpan dalam *working memory* Pada setiap langkah rule yang dieksekusi, dilakukan pengamatan terhadap isi dari tabel pertanyaan, fakta dan Stack dari rule yang berstatus *-fired*.

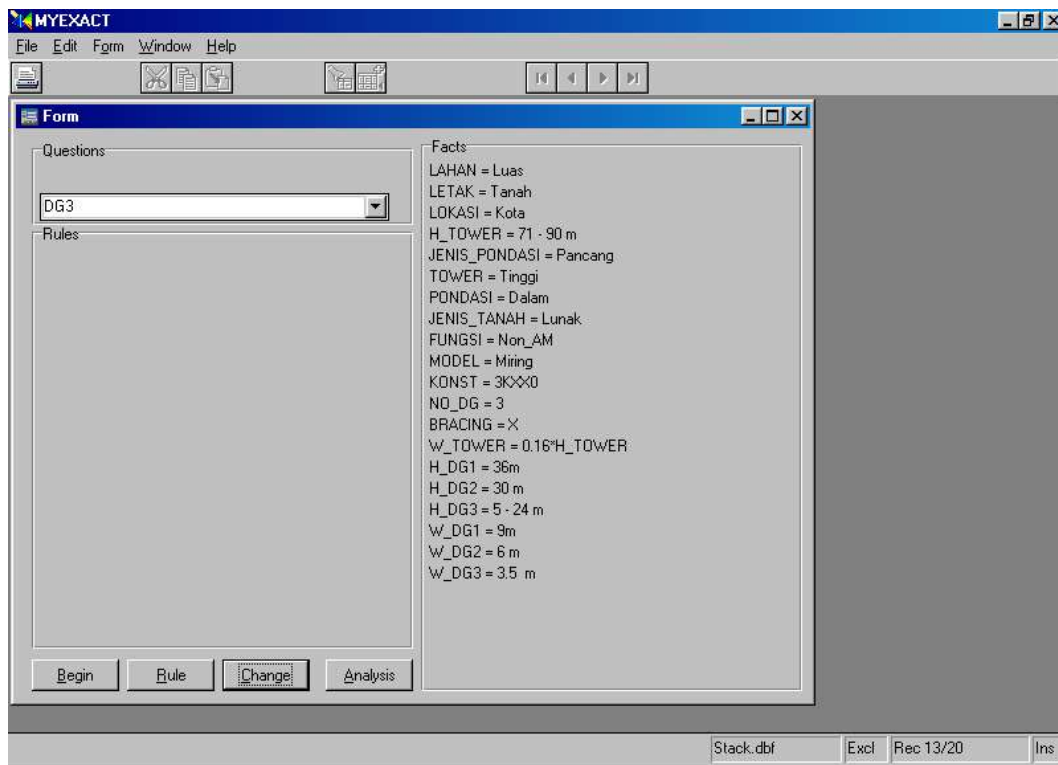
Data – data diatas akan dilakukan tahap konsultasi sebagai berikut :

Langkah awal:



Gambar 7. Proses Inference

Langkah berikutnya:



Gambar 8. Hasil Inference.

Dari hasil langkah-langkah diatas dapat diperoleh hasil sebagai berikut :
HASIL KONSULTASI :

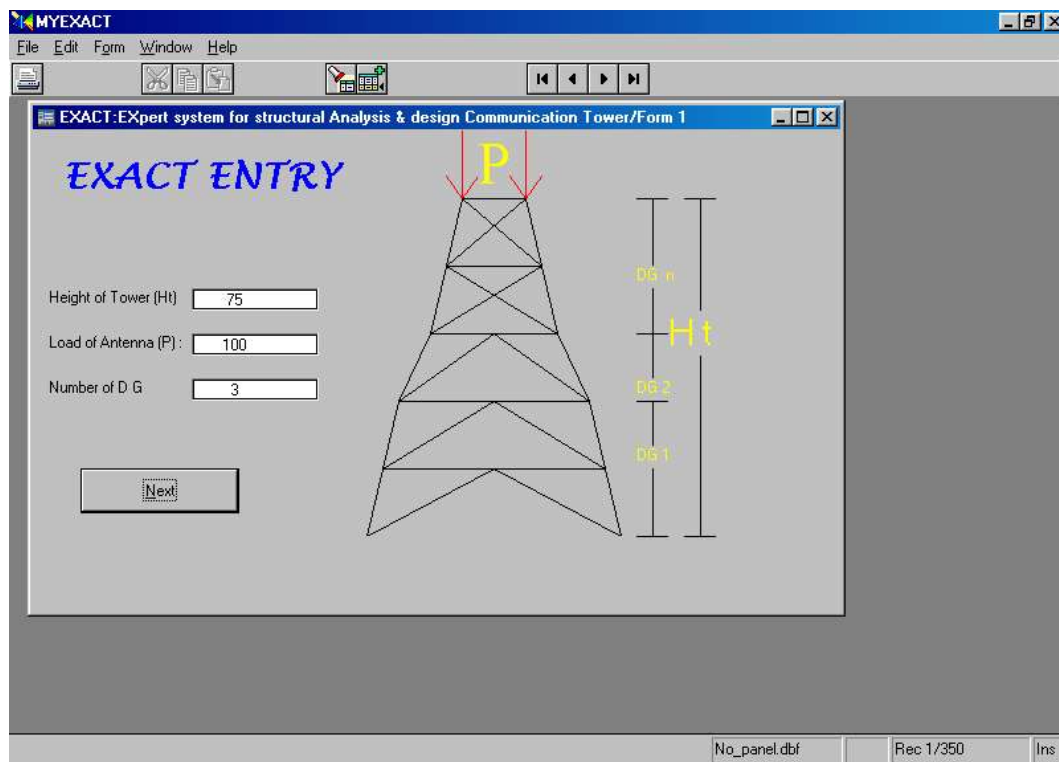
- JENIS PONDASI = Pancang (memakai Tiang Pancang)
- TOWER = Tinggi (Tower kategori TINGGI)
- PONDASI = Dalam (pondasi merupakan Pondasi Dalam)
- FUNGSI = Non_AM (Fungsi Tower bukan untuk AM)
- MODEL = Miring (Model Tower adalah Miring)
- $W_TOWER = 0.16 * H_TOWER$ ($W_Tower = 0.16 * 75m = 12m$)
- $H_DG1 = 36\ m$ (H pada DG1 = 36 m)
- $H_DG2 = 30\ m$ (H pada DG2 = 30 m)
- $H_DG3 = 5-24\ m$ (H pada DG3 = $75 - 36 - 30 = 9\ m$)
- $W_DG1 = 9\ m$
- $W_DG2 = 6\ m$
- $W_DG3 = 3.5\ m$
- $N_PNL33 = 3$
- $KONST = 3KXX0$

EVALUASI ANALISA STRUKTUR

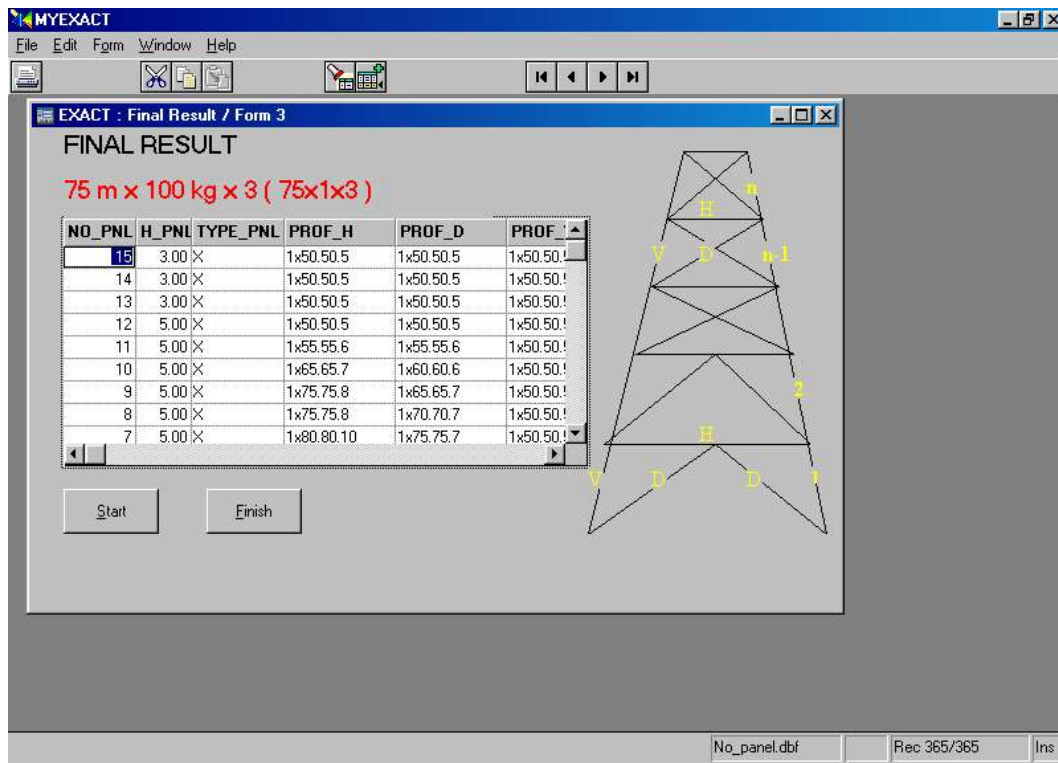
Hasil-hasil tersebut, kemudian diproses lagi untuk menghasilkan dimensi profil siku yang optimum dalam bagian ANALISA STRUKTUR

EVALUASI DISAIN

Disain masing-masing batang merupakan tahap akhir dari rangkaian proses, dalam proses ini tidak memerlukan lagi proses input data (gambar 9), karena batasan yang dipakai adalah merupakan profil siku, dimana trial awal data profil siku dibuat seragam dengan memakai profil ukuran $\angle 100 \times 100 \times 10$. (lihat gambar 10)



Gambar 9. EXACT ENTRY



Gambar 10 . Final Result

Data-data yang dihasilkan (sebagai perbandingan dengan ref. [12,13]), ada sedikit perbedaan :, hal ini disebabkan karena

Analisa : EXTASY menggunakan Struktur Rangka Batang Ruang, Tegangan leleh baja tidak diketahui (*mungkin menggunakan tegangan leleh = 50 ksi*). Beban Angin yang digunakan (*tidak diketahui juga, mungkin menggunakan 40 mph*). Sedangkan penelitian ini menggunakan Struktur rangka Batang Bidang. Baja menggunakan mutu BJ 37, kecepatan angin = 40 m/detik.

Berikut ini adalah hasil-hasil yang telah dilakukan :

Tinggi (m)	Beban (kg)	Kec. Angin (m/detik)	Mutu Baja (kg/cm ²)	Dapat(V) Gagal(X)
125	2000	50	3600	V
125	1500	50	3600	V
125	1000	50	2400	X
125	1000	50	3200	V
110	1500	40	2400	V
110	1000	35	2400	V

KESIMPULAN

- Penelitian ini hanya dapat dipakai untuk Tower dengan ketinggian maximum 125m, dengan kecepatan angin max 50 m/detik, beban max 1000 kg, lebih dari data tersebut, tidak dapat dihasilkan profil baja L
- Bila data tersebut melebihi nilai-nilai diatas (item 1.), maka yang dihasilkan hanyalah tegangan dalamnya saja (gaya axial), dan untuk disain profil batang

dilakukan dengan cara manual berdasarkan hasil yang didapat dari analisa struktur.

- (3) Hasil yang didapat oleh [13] dan hasil penelitian ini nilainya hampir sama, perbedaan yang terjadi mungkin disebabkan karena jenis mutu baja yang dipakai oleh [13] tidak diketahui, sedangkan dari penelitian ini memakai mutu baja BJ 37 ($\sigma_L = 2400 \text{ kg/cm}^2$).
- (4) Bila data yang pernah dilakukan sebelumnya, sama dengan data yang baru diinputkan, maka proses akan menjadi sangat singkat. Data yang dihasilkan menggunakan hasil sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1983", Departemen Pekerjaan Umum-Ditjen Cipta Karya, 1981
2. ASCE, "Guide for Design of : Steel Transmission Towers", American Society of Civil Engineers, 1971
3. ANSI TIA/EIA-222F, "Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures", 1996
4. Badriyah, Tessy, "Desain Sistem Pakar Untuk Penyediaan Informasi Pariwisata Indonesia", Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Industri–Jurusan Teknik Komputer, ITS, 1995
5. Bagio, Tony Hartono, and Hwat, Cheng Hong, "Program Komputer untuk Elastic Plane Frame menggunakan Large Deflection Theory", Tugas Akhir, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UK. Petra., 1987
6. Bowles, J.E., and Silabaan, P., "Disain Baja Konstruksi (Structural Steel Design)", Penerbit Airlangga, 1984
7. Chabris, Christopher F., "A Primer of Artificial Intelligence", Multiscience Press Inc, 1987
8. Durkin, John, "Expert System : Design and Development", Macmillian Publishing Company, 1995
9. Ignizio, James P., "Introduction to Expert System : The Development and Implementation of Rule-Based expert System", McGraw-Hill, Inc, 1991
10. Jasa, Lie "Sistem Pakar Proses Perancangan pada Perakitan PCB Elektronik", thesis, Fakultas Pasca Sarjana Teknik Informatika, ITS, 1998.
11. Levin, R.I, Drang, D.E, and Edelson, B. "A I and Expert System : A Comprehensive Guide, C Language", Second Edition, McGraw-Hill International Editions, 1991
12. Murlidharan, T.I., Aravind, H.B., Suryakumar, G.V., and Raman, N.V., "Expert Tower Analysis and Design System (EXTASY), Part (I) : Architecture and Heuristic", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol 5. No. 2, April 1991
13. Murlidharan, T.I., Aravind, H.B., Suryakumar, G.V., and Raman, N.V., "Expert Tower Analysis and Design System (ESTASY), Part (II) : Search Strategies and Learning", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol 5. No. 2, April 1991
14. Popov, E.P. "Mechanics of Materials, 2nd Edition", Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs, New Jersey, USA, 1978

15. Przemieniecki, J.S., "*Theory of Matrix Structural analysis*", McGraw-Hill, Inc., New York, 1968
16. Salmon, Charles G., and Johnson, John E., "*Steel Structures: Design and Behavior* , Second Edition ", Harper & Row, Publishers, New York, 1980
17. Setiawan, Sandy, "*Artificial Intelligence*", Andi Offset, 1993
18. Weaver, W.Jr, Gere, J.M , "*Matrix Analisis of Framed Structures* ", Second Edition, Van Nostrand Company, England, 1980

Arti dari symbol-simbol diagram ketergantungan:

- a) LAHAN : Akan menanyakan Lahan dimana Tower berada, pilihan LUAS atau SEMPIT
- b) LETAK : yang merupakan ketergantungan akibat pertanyaan a) , yang akan menyimpulkan sementara , kesimpulan sementara tersebut adalah TANAH dan GEDUNG.
- c) H_TOWER : adalah Tinggi gedung merupakan pertanyaan utama yang menanyakan kondisi ketinggian gedung dengan 6(enam) pilihan yakni: 12-18m, 29-50m, 51-70m, 71-90m, 91-110m, 111-125m
- d) TOWER : kesimpulan sementara dari hasil c) atau d), kesimpulan tersebut terdiri dari AS_TINGGI (Amat Sangat Tinggi), S_TINGGI (Sangat Tinggi), TINGGI, A_TINGGI (Agak Tinggi), RENDAH, S_RENDAH (Sangat Rendah)., DIATAP (berada diATAP).
- e) KEC_ANGIN : menanyakan kecepatan angin, pilihan : > 50 m/dt, 25-50 m/dt, < 25 m/dt
- f) Jenis_POND : kesimpulan Pondasi yang digunakan
- g) JENIS TANAH : menanyakan kondisi tanah, pilihan KERAS, LUN AK
- h) PONDASI : merupakan kesimpulan dari beberapa kondisi, akibat f) dan g), yakni : PANCANG, SUMURAN, STROUSS, FULL_PLAT, FOOTING, TANPA (tanpa pondasi karena berada di atas gedung).
- i) FUNGSI : Fungsi dari Tower, untuk AM (Radio AM), Non_AM (selain Radio AM)
- j) RANGKA : Model dari rangka pilihan TEGAK, A_TEGAK (Agak Tegak)
- k) W_TOWER : adalah lebar dasar Tower merupakan kesimpulan yang tergantung dari d) atau gabungan i dan j), bila dari e) adalah $0.15 \cdot H_TOWER - 0.20 \cdot H_TOWER$, sedangkan bila gabungan dari i) dan j) adalah $0.06 \cdot H_TOWER$.
- l) DG : Jumlah DG (Distinguish Geometry) adalah jumlah perubahan dari kondisi Geometry, garis pada sisi luar tower, ada 4 pilihan yakni : 1 (tower tidak ada perubahan geometry atau garis tepi luar lurus), 2 (ada dua garis patah pada sisi luar tower), 3 (tiga garis patah), 4 (empat garis patah).
- m) H_DG : adalah Tinggi pada setiap DG (bila DG = 1 maka $H_DG1 = H_TOWER$)
- n) W_DG : adalah Lebar atas pada setiap DG (bila DG = 1, maka $W_DG1 =$ Lebar Atas Tower, bila DG = 2, maka $W_DG1 =$ Lebar Atas dari DG1 dan sebagai Lebar Bawah dari DG2, $W_DG2 =$ Lebar Atas dari DG2 atau juga Lebar Atas dari Tower, dan seterusnya sampai DG=4)
- o) NO_PANEL : Jumlah panel dari masing-masing DG
- p) H_PANEL : Tinggi masing-masing Panel, (maximum Tinggi Panel menurut [12] = 7 meter)
- q) BRACING : Type Bracing yang digunakan pada Tower
- r) KONST TOWER : Merupakan kesimpulan akhir dari seluruh rangkaian proses inference, sebagai INPUT untuk proses analisa.



Tony Hartono Bagio, dilahirkan di Probolinggo pada tanggal 12 Oktober 1962, anak ke tujuh dari tujuh bersaudara dari pasangan almarhum Ong Kian Hing (lahir 30 September 1916 – wafat 8 Februari 1977) dan almarhumah Tjoe Sian Nio (lahir 29 Mei 1922 – wafat 24 September 1978). Pendidikan formal yang pernah ditempuh selama ini adalah :

Lulus SDK “Mater Dei”, Probolinggo, tahun 1974

Lulus SMPK “Mater Dei”, Probolinggo, tahun 1977. Masuk kelas I di SMAK “Mater Dei”, Probolinggo, tahun 1978, dan pindah ke SMA Kristen “Petra II”, Surabaya pada bulan Oktober 1978 (pada tahun ajaran ini ada perpanjangan tahun, kelas I = 1.5 tahun), sampai lulus pada bulan Juni 1981.

Kemudian melanjutkan kuliah di fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, pada tahun 1981 dan mendapatkan gelar **Ir.** (Sarjana Teknik Sipil) pada tahun 1987, dengan judul Skripsi : *“Program Komputer untuk Elastic Plane Frame menggunakan Large Deflection Theory”*.

Pada tahun 1990, masuk **University of Cambridge Local Examinations Syndicate** yang berkolaborasi dengan Universitas Terbuka, dan mendapatkan **Elementary Certificate Examination in English**.

Menikahi seorang gadis, alumnus Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Jurusan Pendidikan Bahasa dan Sastra Inggris Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, yang bernama **Suzanne Joyce Wimala**, pada tanggal 9 Oktober 1993.



Dan dikaruniai seorang putra yang bernama **Eugene Yudhistira Baggio**, dilahirkan pada tanggal 15 Maret 1995.



Diterima di fakultas Pasca Sarjana, Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pada tahun 1996. dan mendapatkan gelar **MT.** (Magister Teknik Informatika) pada tahun 2001, dengan judul tesis : *Sistem Pakar untuk Analisa Struktur dan Disain Komunikasi Tower (EXACT: Expert System for Structural Analysis and Design of Communication Tower)*

Sekarang menjabat sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer di Universitas Narotama Surabaya (www.narotama.ac.id), dan juga sebagai Mahasiswa Magister Manajemen pada Universitas Narotama