

# RULE SURAM PADA SISTEM PENGENDALI PENGERING KAYU TENAGA PANAS SURYA

**Zakarias Situmorang**

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Katolik Santo Thomas SU Medan

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjungsari Medan 20132

Email : [zakarias65@yahoo.com](mailto:zakarias65@yahoo.com)

## **Abstrak**

Radiasi *SUR*ya dan Temperatur *AM*bient merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam proses pengeringan kayu tenaga panas surya. Rule suram ini merupakan aturan yang berbasis logika fuzzy dengan memuat keadaan cuaca dan kondisi udara yang diimplementasikan pada proses pengeringan kayu. Rule suram merupakan produk dari pengaturan membership function dari fuzzy controller yang bekerja berdasarkan kecepatanantisipasi pada kondisi perubahan temperatur ambien dan humiditi ambien untuk secara cepat mengaktifkan aktuator. Diperoleh 8 rule kontrol keluaran untuk memanfaatkan operator logika fuzzy yang diimplementasikan pada alat pengering kayu tenaga surya tenaga surya agar secepat mungkin tanggap akan keadaan sekitarnya, sehingga akan mampu mengoptimalkan pemanfaatan penggunaan energi surya, sesuai jadwal pengeringan kayu.

**Kata kunci :** Rule suram, membership function, energi surya.

## **1. PENDAHULUAN**

Pada sistem pengeringan kayu variabel yang dikontrol adalah temperatur dan humiditi udara dari ruang pengering (*chamber*) sesuai kandungan kadar air kayu. Untuk itu diperlukan suatu sistem kontrol yang mengontrol aktuator yang berupa *heater*, *sprayer* dan *damp*er guna mempertahankan kondisi ruang pengering sesuai jadwal pengeringan. Sumber energi yang utama pada ruang pengering berasal dari panas surya yang diberikan oleh kolektor dan panas tambahan oleh heater. Jumlah energi yang diberikan oleh kolektor berdasarkan intensitas cahaya surya, sedangkan heater memberikan panas melalui pemanas elektrik.

Dalam memaksimalkan penggunaan energi surya, maka perlu dilakukan suatu sistem pengontrolan yang tanggap akan perubahan besaran energi surya dan temperatur lingkungan. Adapun tujuannya untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya serta cepat tanggap akan perubahannya. Proses ini akan memberikan harapan akan penggunaan minimal dari energi elektrik dan sistem cepat merespon perubahan-perubahan akan kondisi lingkungan.

Pada sistem pengontrolan ruang pengering kayu tenaga panas surya ini diperlukan suatu jadwal pengeringan yang sedemikian rupa menjadi acuan proses. Karena proses pengeringan kayu mempunyai jadwal yang sangat tergantung pada kondisi kandungan kadar air kayu, dimana jika kadar air kayunya makin kecil maka diperlukan temperatur chamber semakin tinggi dan sebaliknya untuk humiditi chamber akan semakin kecil. Kondisi ruang pengering yang berbeda-beda pada setiap tahapan, akan memberikan ketergantungan energi tersendiri, sehingga diperlukan besaran variabel radiasi surya dan temperatur ambient sedemikian rupa untuk dirancang rule kontrolnya dengan labelisasi membership function dari nilai error dan change in error sesuai pengalaman akan pengukuran riil.

Jadwal pengeringan kayu yang digunakan pada implementasi rule fuzzy suram ini adalah untuk kayu jenis *Albasia Albizia wood* (**Kayu Sengon**).

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Proses Pengeringan**

Secara umum perlakuan terhadap kayu yang akan dikeringkan di dalam ruang pengeringan dapat digolongkan menjadi beberapa tahapan proses, yaitu:

a. Proses *Pre-Heating*

Tujuan proses ini adalah menjaga agar distribusi temperature dalam kayu merata. Disamping itu proses ini untuk menghilangkan air bebas. Pada proses ini temperature ruang pengering diatur sesuai dengan jadwal pengeringan sedangkan kelembaban dijaga pada kelembaban yang cukup tinggi sekitar 80 – 90 % dengan jalan menutup damp<sup>er</sup>. Heater dan sprayer dijalankan selama 2 jam untuk setiap ketebalan kayu 1 cm.

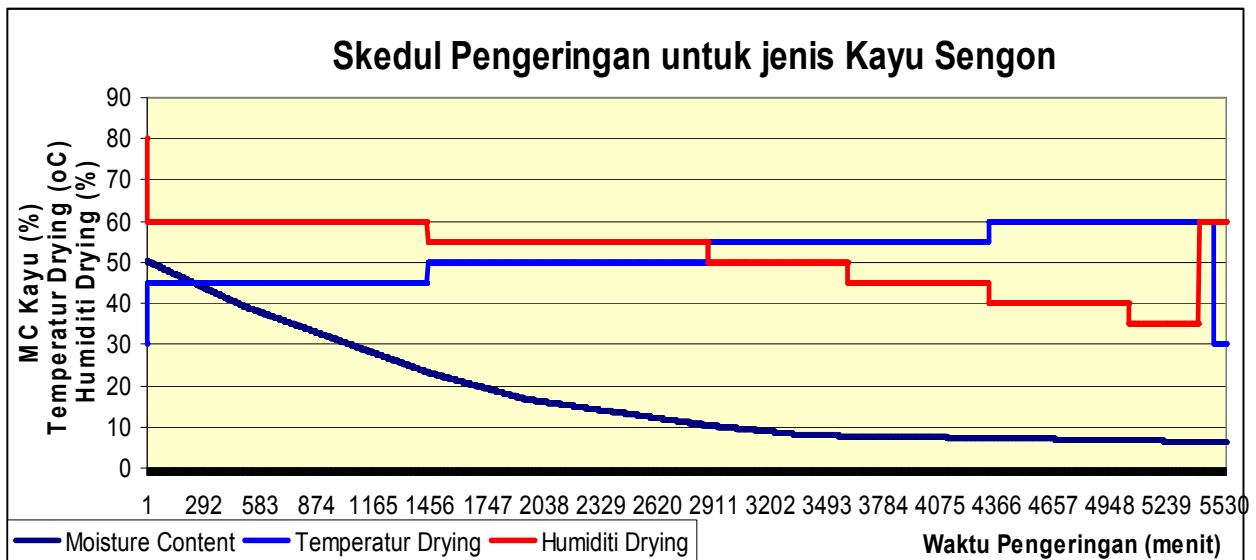
b. Proses *drying*

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air yang terikat di dalam sel kayu. Perubahan kadar air kayu dibawah titik serat jenuh sampai dengan 0 % akan menyebabkan perubahan dimensi kayu. Oleh sebab itu perbedaan atau gradient kadar air didaerah ini tidak boleh terlalu besar untuk menghindari keretakan/kerusakan pada kayu yang dikeringkan. Besar kadar air rata-rata yang dihasilkan pada proses ini sekitar 8 – 10 %. Pada proses ini temperature dalam ruang pengering diperlukan cukup tinggi untuk membebaskan air yang terikat didalam sel kayu, sesuai jadwal pengeringan.

c. Proses *Equalizing* dan *Conditioning*

Pada akhir proses pengeringan, kayu berada pada lingkungan panas dan kering. Perlu diberikan proses untuk menghantarkan kayu ini pada kondisi udara luar, agar tidak terjadi suatu proses kejutan atau tiba-tiba yang sering dapat mengakibatkan kerusakan kayu. Proses ini terutama dimaksudkan untuk menghantar kayu ke arah titik kadar air kayu seimbang (EMC). Pada akhir dari proses pengeringan sebenarnya kondisi kayu yang dikeringkan belum sama, dimana ada yang lebih kering dan ada yang kurang kering. Karena itulah diperlukan suatu proses untuk menyamakan kadar air pada kayu, hal ini dikenal dengan istilah *Equalizing*. Biasanya kadar air diukur pada beberapa tempat sehingga diperoleh beberapa pengukuran kadar air dari kayu yang dikeringkan dalam ruang pengering. Dari beberapa pengukuran kadar air kayu ini perlu diperhatikan bahwa penunjukan kadar air kayu yang paling kering harus 2% dari kadar air yang diharapkan. Misalnya jika kadar air kayu yang diharapkan MC = 10%, maka kadar air kayu yang paling kering harus MC = 8%. Jika MC ini sudah tercapai, maka dapat dimulai proses *equalizing*. Selama proses ini berlangsung temperature udara pengering dipertahankan pada temperature akhir dari step, tetapi kelembaban udara disesuaikan untuk EMC pada MC = 8%. Keadaan ini dipertahankan sampai kayu yang paling basah mencapai kadar air kayu yang diharapkan MC = 10%. Sesudah proses *equalizing*, dapat dilanjutkan dengan proses *conditioning*, yaitu membuat kondisi dimana temperature ruang pengering dipertahankan tetap sama, tetapi kelembaban udara diruang pengering disesuaikan untuk EMC 3 % diatas MC kayu yang bersangkutan (untuk jenis softwood) dan 4% (untuk hardwood) harus memilih kelembaban udara untuk 10% + 3% = 13% MC yang dapat dilihat dalam table EMC, yaitu 70%. Waktu yang diperlukan dalam proses ini adalah 2 jam untuk setiap 1 cm ketebalan kayu.

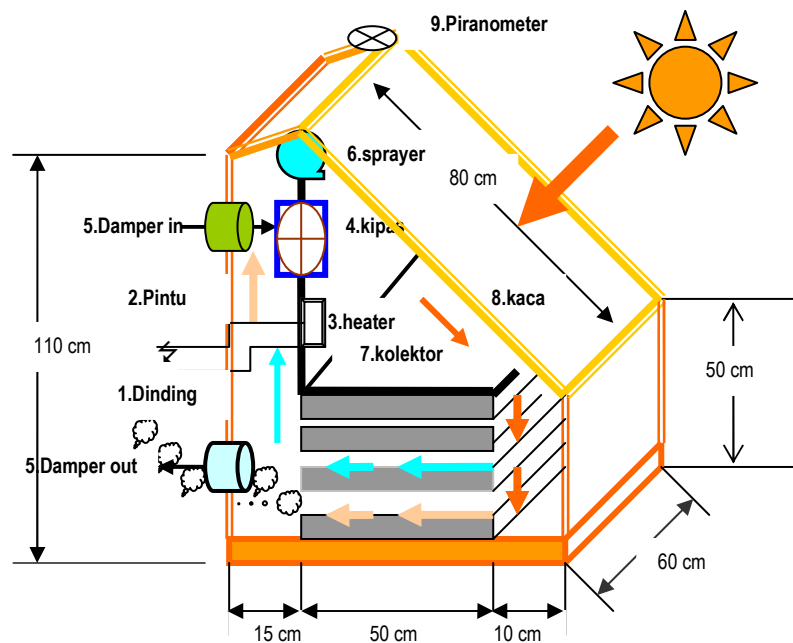
Jadwal pengeringan adalah daftar yang memuat langkah-langkah perubahan temperature dan kelembaban udara didalam ruang pengering, berdasarkan kadar air kayu. Secara umum kondisi ruang pengering agar tidak merusak kayu yang dikeringkan diuraikan pada gambar 1. Modifikasi dari skedul pengeringan kayu jenis **Albasia Albizia wood (Kayu Sengon)**.



Gambar 1. Jadwal Pengeringan untuk Jenis Kayu Sengon

2.2 Konversi Radiasi Surya

Radiasi Surya yang terukur oleh Piranometer merk Chino type MS-801 yang mempunyai tegangan maksimum +50 mVDC, diletakkan diujung atas atap ruang pengering kayu, dikonversi dalam bentuk temperatur ambient dan humiditi ambient.



Gambar. 2. Detail Desain Prototipe Alat pengering kayu tenaga panas surya

Besaran radiasi surya dapat dikonversi dalam variabel temperatur ambient dan humiditi ambien sesuai tabel 1.

Tabel. 1. Konversi radiasi surya alam variabel temperatur ambient dan humiditi ambien untuk kayu jenis **Albasia Albizia wood (Kayu Sengon)**.

| No. | Set Point<br>Td <sub>0</sub> (°C) | Set Point<br>Hd <sub>0</sub> (%) | MC (%)      | Radiasi<br>Surya I <sub>0</sub><br>(Watt/m <sup>2</sup> ) | Temp. Ambient<br>Ta(°C) |                   |      | Hum. Ambient Ha (°C) |                   |      |
|-----|-----------------------------------|----------------------------------|-------------|---|-------------------------|-------------------|------|----------------------|-------------------|------|
|     |                                   |                                  |             |   | Min                     | Rata <sup>2</sup> | Maks | Min                  | Rata <sup>2</sup> | Maks |
| 1   | 2                                 | 3                                | 4           | 6   | 7                       | 8                 | 9    | 10                   | 11                | 12   |
| 1   | 45                                | 60                               | 25.5 - 50   | 561.0   | 29.1                    | 30.1              | 31.1 | 52                   | 60                | 68   |
| 2   | 50                                | 55                               | 10.4 - 25.5 | 662.0   | 29.7                    | 30.7              | 31.7 | 46                   | 54                | 62   |
| 3   | 55                                | 50                               | 7.8 - 10.4  | 763.0   | 30.5                    | 31.5              | 32.5 | 40                   | 48                | 56   |
|     |                                   | 45                               | 7.3 - 7.8   |   |                         |                   |      |                      |                   |      |
| 4   | 60                                | 40                               | 6.7 - 7.3   | 617.5   | 29.4                    | 30.4              | 31.4 | 50                   | 58                | 66   |
|     |                                   | 35                               | 6.4 - 6.7   |   |                         |                   |      |                      |                   |      |
| 5   | 65 (F)                            | 60                               | 6.3 - 6.4   | 535.0   | 28.9                    | 29.9              | 30.9 | 54                   | 62                | 70   |

**Catatan :**

- i. Untuk MC ≥ 25 %, (Td<sub>0</sub> = 45 s/d 55), maka radiasi surya yang dibutuhkan  
 $I_0 = 460 + 20.2(Td_0 - 40)$  (watt/m<sup>2</sup>)
- ii. Untuk MC < 25 %, (Td<sub>0</sub> = 60 s/d 70), maka radiasi surya yang dibutuhkan  
 $I_0 = 700 - 16.5(Td_0 - 55)$  (watt/m<sup>2</sup>)
- iii. Control Priode untuk sepenuhnya menggunakan radiasi surya [kolom  
 $13] Cp = 0.1 + 0.0003(I_0 - 400)$  (°C/menit)
- iv. F = Fakultatif
- v.

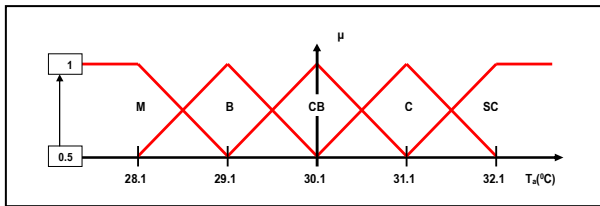
**3. METODE PENELITIAN**

**3.1 Perancangan Membership Function**

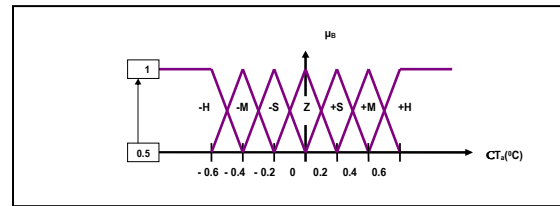
Perancangan Membership Function untuk variabel-variabel dibentuk fungsi fuzzy set segitiga dan trapesium sesuai step pada jadwal pengeringan pada gambar 1. dan tabel 1.

**a. Step 1. Set Point Td<sub>0</sub> = 45°C dan Rd<sub>0</sub> = 60%**

Fuzzyfikasi Membership Function dengan range [0.5, 1], untuk Keadaan Cuaca (Temperatur Ambient Ta) untuk set point temperatur drying Td<sub>0</sub> = 45°C dan Humiditi drying Rd<sub>0</sub> = 60% diberikan oleh gambar 3. dengan labelisasi : M : Mendung; B : Berawan; CB : Cerah Berawan; C : Cerah; SC : Sangat Cerah



Gambar. 3. Membership Function Ta



Gambar.4. Membership Function CTa utk  $Td_0 = 45^{\circ}C$  &  $Rd_0 = 60\%$

Perubahan temperatur ambient pada nilai set point temperatur *drying*  $Td_0 = 45^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 60\%$  diberikan oleh gambar 4. dengan labelisasi : -H = - High, -M = -Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Proses perhitungan untuk besaran perubahan temperature ambient dinyatakan oleh pers.1., dengan  $n \rightarrow 0$  s/d  $\sim$

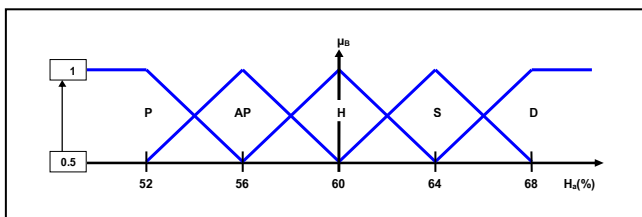
$$CTa [(n+1)T] = Ta[(n+1)T] - Ta[nT] \quad (1)$$

Dalam menentukan keadaan cuaca berdasarkan temperature ambient dan perubahannya menggunakan Nilai Membership Function yang paling maksimum, sesuai table 2.

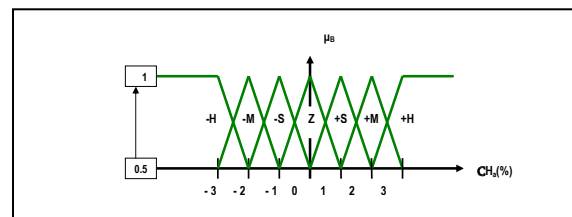
Tabel 2. Label Membership Function keadaan cuaca [temperatur ambient]

| $CT_a$ / $T_a$ | Mendung (M) | Berawan (B)   | Cerah Berawan (CB) | Cerah (C)     | Sangat Cerah (SC) |
|----------------|-------------|---------------|--------------------|---------------|-------------------|
| -H             | Mendung     | Berawan       | Berawan            | Cerah Berawan | Cerah             |
| -M             | Mendung     | Berawan       | Cerah Berawan      | Cerah         | Sangat Cerah      |
| -S             | Mendung     | Berawan       | Cerah Berawan      | Cerah         | Sangat Cerah      |
| Z              | Mendung     | Berawan       | Cerah Berawan      | Cerah         | Sangat Cerah      |
| +S             | Mendung     | Berawan       | Cerah Berawan      | Cerah         | Sangat Cerah      |
| +M             | Mendung     | Berawan       | Cerah Berawan      | Cerah         | Sangat Cerah      |
| +H             | Berawan     | Cerah Berawan | Cerah              | Sangat Cerah  | Sangat Cerah      |

Fuzzyfikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk kondisi udara (humiditi ambient  $Ha$ ) untuk *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 45^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 60\%$  diberikan oleh gambar 5. dengan labelisasi : P : Panas; AP : Agak Panas; H : Hangat; S : Sejuk; D : Dingin.



Gambar.5. Membership Function Ha



Gambar. 6. Membership Function CHa untuk  $Td_0 = 45^{\circ}C$  dan  $Rd_0 = 60\%$

Dan untuk fuzzyfikasi perubahan humiditi ambient dengan range [0.5, 1], pada nilai *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 45^{\circ}C$  dan Humiditi *drying*  $Rd_0 = 60\%$  diberikan oleh gambar 6. dengan labelisasi : -H = - High, -M = - Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Proses perhitungan untuk besaran perubahan humiditi ambient dinyatakan oleh pers.2., dengan  $n \rightarrow 0$  s/d  $\sim$

$$CHa [(n+1)T] = Ha[(n+1)T] - Ha[nT] \quad (2)$$

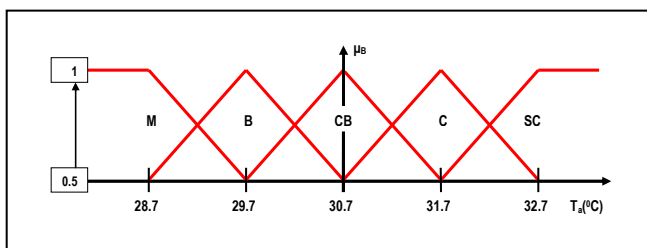
Dalam menentukan kondisi udara berdasarkan humidity ambient dan perubahannya menggunakan Nilai Membership Function yang paling maksimum untuk setiap keanggotaan, sesuai tabel 3.

**Tabel 3. Label Membership Function Humiditi ambient**

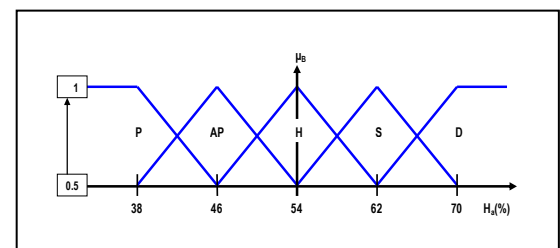
| $\begin{matrix} H_a \\ CH_a \end{matrix}$ | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
|---|------------|------------|------------|--------|--------|
| -H  | Panas      | Panas      | Agak Panas | Hangat | Sejuk  |
| -M  | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
| -S  | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
| Z   | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
| +S  | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
| +M  | Panas      | Agak Panas | Hangat     | Sejuk  | Dingin |
| +H  | Agak Panas | Hangat     | Sejuk      | Dingin | Dingin |

**b. Step 2. Set Point  $Td_0 = 50^{\circ}C$  dan  $Rd_0 = 55\%$**

Fuzzyfikasi membership function dengan range [0.5, 1], untuk keadaan cuaca (temperatur Ambient  $T_a$ ) untuk set point temperatur *drying*  $Td_0 = 50^{\circ}C$  dan  $Rd_0 = 60\%$  diberikan oleh gambar 7. dengan labelisasi : M : Mendung; B : Berawan; CB : Cerah Berawan; C: Cerah; SC : Sangat Cerah



**Gambar. 7. Membership Function  $T_a$**



**Gambar. 8. Membership Function  $H_a$  untuk  $Td_0 = 50^{\circ}C$  &  $Rd_0 = 55\%$**

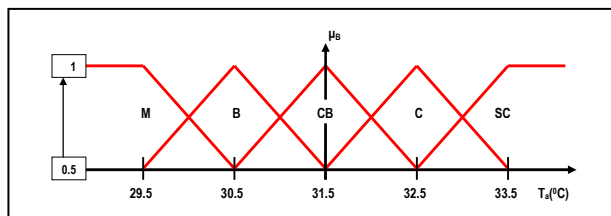
Dan untuk perubahan temperatur ambient  $CT_a$  pada nilai *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 50^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 55\%$  disesuaikan dengan gambar 7. serta labelisasi *membership function* keadaan cuaca sesuai tabel 2.

Fuzzyfikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk kondisi udara (humiditi ambient  $H_a$ ) untuk *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 50^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 55\%$  diberikan oleh gambar 8. dengan labelisasi : P : Panas; AP : Agak Panas; H : Hangat; S: Sejuk; D : Dingin.

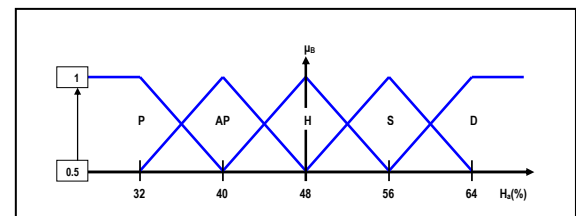
Fuzzifikasi perubahan humiditi ambient dengan range [0.5, 1], pada nilai *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 50^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 55\%$  diberikan oleh gambar 6. dengan labelisasi : -H = - High, -M = -Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Dalam menentukan kondisi berdasarakan humiditi ambient dan perubahannya menggunakan nilai *membership function* yang paling maksimum untuk setiap keanggotaan, sesuai tabel 3

**c. Step 3. Set Point  $Td_0 = 55^{\circ}C$  dan  $Rd_0 = 50\%$**

Fuzzyfikasi membership function dengan range [0.5, 1], untuk keadaan cuaca (temperatur ambient  $T_a$ ) untuk *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 55^{\circ}C$  dan  $Rd_0 = 50\%$  diberikan oleh gambar 9. dengan labelisasi : M : Mendung; B : Berawan; CB : Cerah Berawan; C: Cerah; SC : Sangat Cerah



**Gambar. 9. Membership Function  $T_a$**



**Gambar.10.. Membership Function  $H_a$  untuk  $Td_0 = 55^{\circ}C$  &  $Rd_0 = 50\%$**

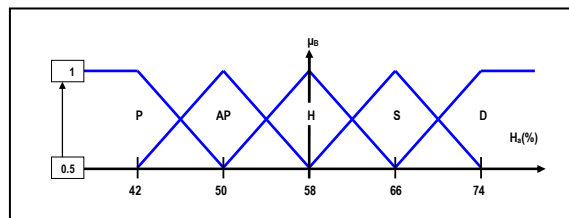
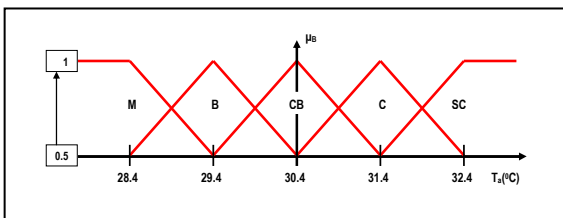
Dan untuk perubahan temperatur ambient  $CT_a$  pada nilai *set point* temperatur *drying*  $Td_0 = 55^{\circ}C$  dan humiditi *drying*  $Rd_0 = 50\%$  disesuaikan dengan gambar 4. serta labelisasi *membership function* keadaan cuaca sesuai tabel 2.

Fuzzifikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk kondisi udara (humiditi ambient  $H_a$ ) untuk set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 55^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 50\%$  diberikan oleh gambar 10. dengan labelisasi : P : Panas; AP : Agak Panas; H : Hangat; S : Sejuk; D : Dingin.

Fuzzifikasi perubahan humiditi ambient  $CH_a$  dengan range [0.5, 1], pada nilai set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 50^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 55\%$  diberikan oleh gambar 6. dengan labelisasi : -H = - High, -M = -Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Dalam menentukan kondisi udara berdasarkan humidity ambient dan perubahannya menggunakan nilai *membership function* yang paling maksimum untuk setiap keanggotaan, sesuai tabel 3

**d. Step 4. Set Point  $T_{d0} = 60^{\circ}\text{C}$  dan  $R_{d0} = 40\%$**

Fuzzifikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk keadaan cuaca (temperatur ambient  $T_a$ ) untuk set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 55^{\circ}\text{C}$  dan  $R_{d0} = 50\%$  diberikan oleh gambar 11. dengan labelisasi : M : Mendung; B : Berawan; CB : Cerah Berawan; C : Cerah; SC : Sangat Cerah



**Gambar. 11.** Membership Function  $T_a$  **Gambar. 12.** Membership Function  $H_a$   $T_{d0} = 60^{\circ}\text{C}$  dan  $R_{d0} = 40\%$

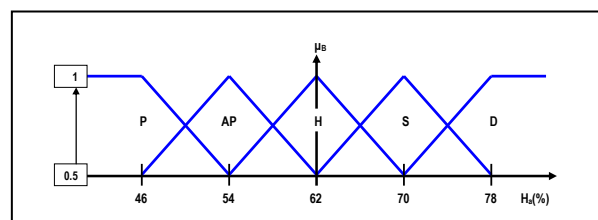
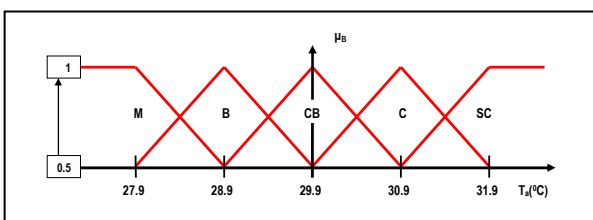
Dan untuk perubahan temperatur ambient  $CT_a$  pada nilai set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 60^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 40\%$  disesuaikan dengan gambar 4. serta labelisasi Membership Function keadaan cuaca sesuai table 2.

Fuzzifikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk kondisi udara (humiditi ambient  $H_a$ ) untuk set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 55^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 50\%$  diberikan oleh gambar 12. dengan labelisasi : P : Panas; AP : Agak Panas; H : Hangat; S : Sejuk; D : Dingin.

Fuzzifikasi perubahan humiditi ambient  $CH_a$  dengan range [0.5, 1], pada nilai set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 60^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 40\%$  diberikan oleh gambar 6. dengan labelisasi : -H = - High, -M = -Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Dalam menentukan kondisi udara berdasarkan humiditi ambient dan perubahannya menggunakan nilai *membership function* yang paling maksimum untuk setiap keanggotaan, sesuai tabel 3

**e. Step 5. Set Point  $T_{d0} = 65^{\circ}\text{C}$  dan  $R_{d0} = 60\%$**

Fuzzifikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk keadaan cuaca (temperatur ambient  $T_a$ ) untuk set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 65^{\circ}\text{C}$  dan  $R_{d0} = 60\%$  diberikan oleh gambar 13. dengan labelisasi : M : Mendung; B : Berawan; CB : Cerah Berawan; C : Cerah; SC : Sangat Cerah



**Gambar. 13.** Membership Function  $T_a$  **Gambar. 14.** Membership Function  $H_a$  untuk  $T_{d0} = 65^{\circ}\text{C}$  &  $R_{d0} = 60\%$

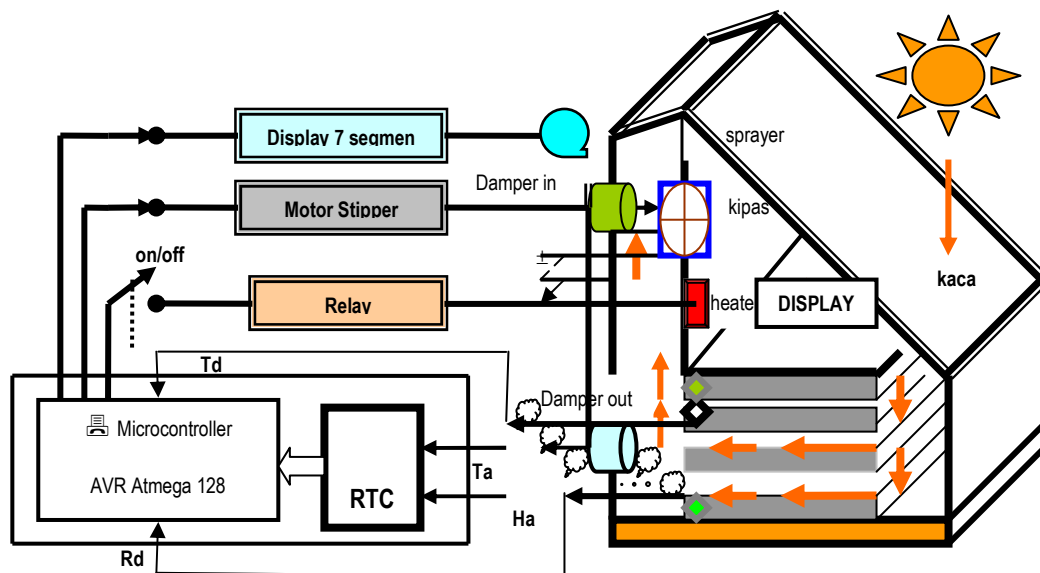
Dan untuk perubahan temperatur ambient  $CT_a$  pada nilai set point temperatur *drying*  $T_{d0} = 65^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d0} = 60\%$  disesuaikan dengan gambar 4. serta labelisasi *membership function* keadaan cuaca sesuai tabel 2.

Fuzzifikasi *membership function* dengan range [0.5, 1], untuk kondisi udara (humiditi ambient  $H_a$ ) untuk *set point* temperatur *drying*  $T_{d_0} = 65^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d_0} = 60\%$  diberikan oleh gambar 14. dengan labelisasi : P : Panas; AP : Agak Panas; H : Hangat; S : Sejuk; D : Dingin.

Fuzzifikasi perubahan humiditi ambient  $CH_a$  dengan range [0.5, 1], pada nilai *set point* temperatur *drying*  $T_{d_0} = 65^{\circ}\text{C}$  dan humiditi *drying*  $R_{d_0} = 60\%$  diberikan oleh gambar 6. dengan labelisasi : -H = - High, -M = -Medium, -S = - Small, Z = Zero, S = Small, M = Medium, H = High. Dalam menentukan kondisi udara berdasarkan humiditi ambient dan perubahannya menggunakan nilai *membership function* yang paling maksimum untuk setiap keanggotaan, sesuai tabel 3.

### 3.2 Desain Implementasi

Instrumentasi dan kontrol pada sistem pengering kayu ini meliputi sensor, alat kontrol, jadwal pengeringan, pengaturan (*setting*) alarm, monitoring, dan komputer. Sistem kontrol elektronik berguna mengontrol proses pengeringan itu sendiri. Perancangan sistem akuisisi data dan kontrol ini sesuai dengan desain prototipe yang akan dibuat dan di uji coba untuk mendapatkan parameter-parameter pengukuran lainnya, diberikan oleh gambar 15.



Gambar. 15. Sistem Kontrol Prototipe Alat Pengering Kayu Tenaga Panas Surya

Variabel input yang diperlukan dan diukur melalui 2 buah sensor SHT11 diberikan pada tabel 4. dan bentuk keluarannya diberikan pada tabel 5, sesuai kondisi temperatur *drying* terukur  $T_d$  terhadap nilai *set point*- nya.

Tabel 4. Variabel Input

| No. | Nama Variabel                  | Range                      | Keterangan    |
|-----|--------------------------------|----------------------------|---------------|
| 1.  | Temperatur <i>drying</i> $T_d$ | 0 – 150 $^{\circ}\text{C}$ |               |
| 2.  | Temperatur ambient $T_a$       | 0 – 150 $^{\circ}\text{C}$ | Keadaan Cuaca |
| 3.  | Humiditi <i>drying</i> $R_d$   | 0 – 100 %                  |               |
| 4.  | Humiditi ambient $H_a$         | 0 – 100 %                  | Kondisi Udara |

Tabel 5. Variabel Output

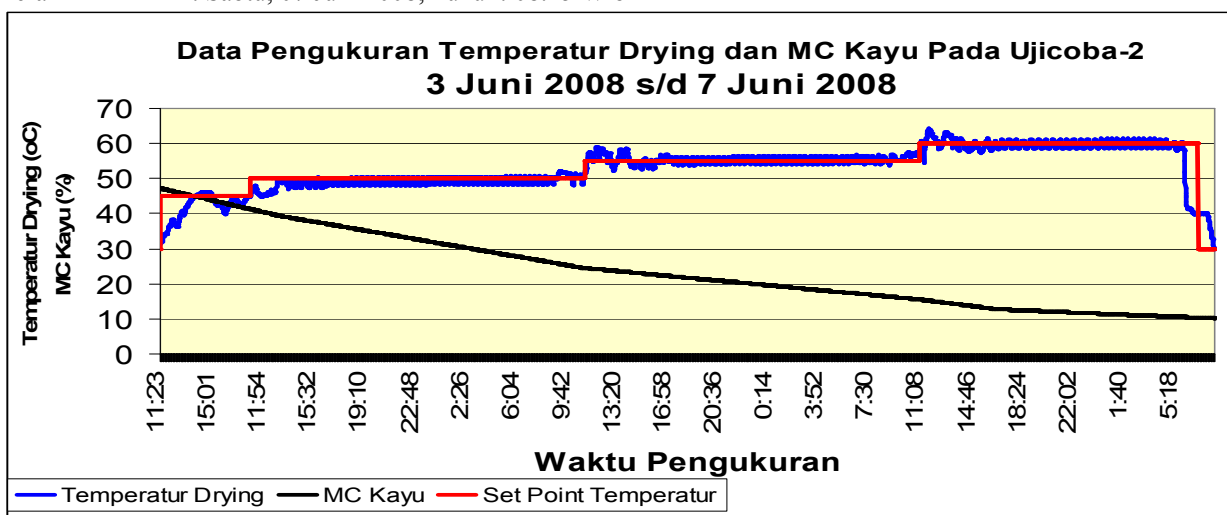
| No. | Rule       | Keterangan     |                |         | Kondisi   |
|-----|------------|----------------|----------------|---------|---|
|     |            | Heater         | Damper         | Sprayer |   |
| 1.  | SUR-AM – 1 | off            | off            | S       | Menurunkan temperatur <i>drying</i> Td dan menaikkan humiditi <i>drying</i> Rd secara cepat [ <b>Proses Heating</b> ]                         |
| 2.  | SUR-AM – 2 | H              | off            | off     | Menaikkan temperatur <i>drying</i> secara cepat dan menurunkan Rd.  |
| 3.  | SUR-AM – 3 | H              | D <sub>3</sub> | off     | Menaikkan temperatur <i>drying</i> Td dan mempertahankan humiditi <i>drying</i> Rd.   |
| 4.  | SUR-AM – 4 | H              | D <sub>2</sub> | S       | Menaikkan temperatur <i>drying</i> Td dan menurunkan humiditi <i>drying</i> Rd.   |
| 5.  | SUR-AM – 5 | H <sub>1</sub> | D <sub>3</sub> | off     | Menurunkan temperatur <i>drying</i> Td dan mempertahankan humiditi <i>drying</i> Rd   |
| 6.  | SUR-AM – 6 | H <sub>2</sub> | off            | S       | Menurunkan Temperatur <i>Drying</i> Td dan menurunkan Humiditi <i>Drying</i> Rd   |
| 7.  | SUR-AM – 7 | off            | off            | off     | Mempertahankan temperatur <i>drying</i> Td dan mempertahankan humiditi <i>drying</i> Rd   |
| 8.  | SUR-AM – 8 | H              | D <sub>1</sub> | off     | Mempertahankan temperatur <i>drying</i> Td dan menyesuaikan humiditi <i>drying</i> Rd dengan humiditi ambient Ha { <b>proses equalizing</b> } |

**Keterangan:**

|                |                                    |                |                               |
|----------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| D <sub>1</sub> | : Damper ON selama : 5 menit       | H              | : Heater ON selama : 15 menit |
| D <sub>2</sub> | : Damper ON selama : 2 x 1 menit   | H <sub>1</sub> | : Heater ON selama : 10 menit |
| D <sub>3</sub> | : Damper ON selama : 1 x 1 menit   | H <sub>2</sub> | : Heater ON selama : 5 menit  |
| S              | : Sprayer ON selama : 1 x 1 menit. |                |                               |

4. HASIL UJI COBA IMPLEMENTASI

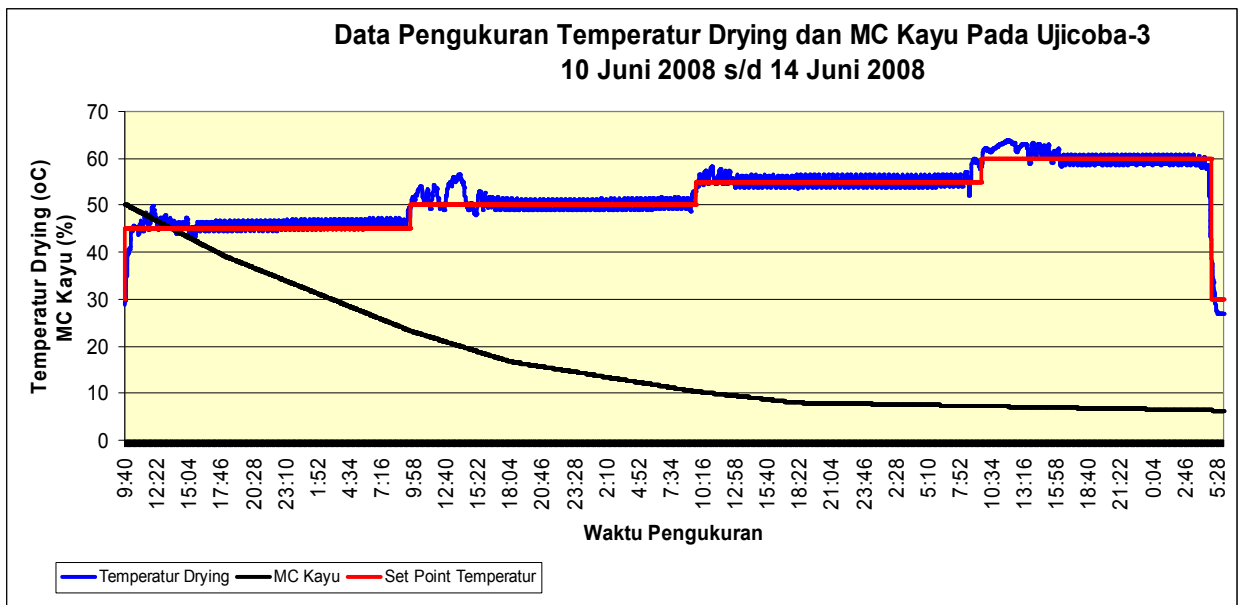
Jenis kayu : Kayu Sengon  
 Ukuran kayu : 4 x 6 cm  
 Jumlah : 22 batang  
 Dimulai : Selasa, 03 Juni 2008, Pukul : 11.23 Wib  
 Berakhir : Sabtu, 07 Juni 2008, Pukul : 08.15 Wib



Gambar 16. Pengukuran Temperatur *Drying* dan MC Kayu Pada Uji coba-2

Jenis kayu : Kayu Sengon  
 Ukuran kayu : 4 x 6 cm  
 Jumlah : 22 batang  
 Dimulai : Selasa, 10 Juni 2008, Pukul : 09.40 Wib  
 Berakhir : Sabtu, 14 Juni 2008, Pukul : 06.00 Wib





Gambar 17. Pengukuran Temperatur Drying dan MC Kayu Pada Uji coba-3

## 5. KESIMPULAN

Rule SURAM ini merupakan aturan yang berbasis logika fuzzy dengan memuat keadaan cuaca dan kondisi udara yang diimplementasikan pada proses pengeringan kayu. Diperoleh 8 rule kontrol keluaran dengan memanfaatkan operator logika fuzzy yang diimplementasikan pada alat pengering kayu tenaga surya. Kinerja *fuzzy controller* ini akan mengoptimalkan pemakaian energi surya dengan meminimalkan konsumsi energi listrik oleh *heater*. Rule kontrol ini diperlukan untuk mempertahankan suatu kondisi keadaan *chamber* sesuai jadwal pengeringan kayu.

Memaksimalkan penggunaan energi surya, maka perlu dilakukan suatu sistem pengontrolan yang tanggap akan perubahan besaran energi surya dan temperatur lingkungan. Rule SURAM mampu mengoptimalkan penggunaan energi surya serta cepat tanggap akan perubahannya. Proses ini akan memberikan harapan akan penggunaan minimal dari energi elektrik dan sistem cepat merespon perubahan-perubahan akan kondisi lingkungan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Tjoeng, T.T, 1992, Studi perancangan otomatisasi sistem akuisisi data dan kontrol untuk sejumlah kamar pengering kayu, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika, ITB-Bandung.
- Laurenzi, W., V.Popa, Gh.Comsa, 2003, Computer Aided Design Of Drying Schedules In Order To Control The Drying Process, 8<sup>th</sup> International IUFRO Wood Drying Conference, page 302 – 307.
- Larsson, R., 2003, Implementation of Adaptive Control Systems in Industrial Dry Kiln, 8<sup>th</sup> International IUFRO Wood Drying Conference, page 397 – 400.
- Nogueira, A., et all, 2005, Simulation and control strategies for an energetically efficient wood drying process, EFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture, Vila Real Portugal, page 244 -251.
- Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension, Virginia State University,2007, Design Of Solar-Heated Dry Kiln, 2007
- Sudjono, S., PT Kalimantan Plywood Industries Samarinda, 1998, Proses Pengeringan Kayu, Prosiding Seminar Peningkatan Daya Saing Produk Kayu Melalui Pengembangan Teknologi Pengeringan, UPT-LSDE Direktorat Konversi dan Konservasi Energi BPPT – NEDO-ENAA Japan- Kantor Wilayah Departemen Perindustrian dan Perdagangan Propinsi Kalimantan Timur, Masyarakat Perhutani Indonesia Badan Koordinasi Daerah Kalimantan Timur, Samarinda, 27 Pebruari 1998.
- Kantay, R., Oner Unsal, Suleyman Korkut, 2002, Drying problems of fast growing tree species : Evaluation of Maritime pine (*Pinus pinaster Alt*) and Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis Dehn*) wood., Proceedings International IUFRO Meeting Management of fast Growing Plantations, DIV.4.04.06,pp 208-212, 11<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2002, Izmit-Turkey.

- Haque.M.N., 2002, Modelling of Solar Kilns and The Development of An Optimised Schedule for Drying Hardwood Timber, Thesis Ph.D., Department of Chemical Engineering, University of Sydney., 354p.
- Garrahan.P., and Jeff Kidlark, 2001, Drying Hardwoods - Northern Hardwood Initiative : Industry Resource Manual, Forintek Canada Corp, 2665 East Mall, Vancouver, B.C. V6I 1W5.
- Ray. D.C., Neelesh Gataani., Enrique Del Castillo. And Paul Blankenhorn, 2005, Time Series Techniques for Dynamics: real time control of Wood-Drying Proseses, Forrest Products Journal, Vol 55., No. 10., pp. 64 - 71
- Mel-Lynda Andersen, 2007, Kiln Controls, Logging and Sawmilling Journal (L&S J) and TimberWest Journal, <http://www.forestnet.com>
- Mühlböck, Wood Drying Systems - Drying Kilns with High-tech Controllers <http://www.automationletter.com/index.php?id=337&L=4>, 23-11-2007
- James E. Reeb, Wood Products and Utilization Specialist Drying Wood, <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for55/for55.htm>, 4-05-2007.
- Automated Aquarium Systems™, Fully Assembled and Tested : Mini Humidity & Temperature Control System, [http://www.automatedaquariums.com/RH\\_Temp\\_sys.htm](http://www.automatedaquariums.com/RH_Temp_sys.htm), 20-06-2007
- MC McCurdy1; S Pang1; R B , Surface Colour Change In Wood During Drying : Above And Below Fibre Saturation Point, [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2006000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2006000100004&script=sci_arttext), 4-05-2007
- Department of Hydrothermal Wood Processing and Modification of Wood, Faculty of Wood Technology, The August Cieszkowski Agricultural University of Poznań, Poland
- James E. Reeb, Wood Products and Utilization Specialist Drying Wood, <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for55/for55.htm>, 4-05-2007.
- Almelo Dry Kiln, <http://www.hb-almelo.nl/engels/Droogkamers/Droogalgemeenuk.htm>, 8-5-2007
- Compliments of CSIRO, Forestry and Forest Products, Factors Effecting Drying <http://sres-associated.anu.edu.au/fpt/drying/intro.html#factors>, 23-11-2007
- Reeb, J.E., 1997, Drying Wood, University Of Kentucky Cooperative Extension Service, College Of Agriculture
- Müller, J., Solar Drying Kilns for Wood, Thermo-System Industrie- und Troknungstechnik GmbH, Germany, [www.thermo-system.com](http://www.thermo-system.com), 23-11-2007
- Joshi, C.B., B.D.Pradhan, and T.P.Pathak, 1999, Application of Solar Drying Systems in Rural Nepal, Research Center for Applied Science and Technolofy (RECAST) Tribhuvan University, Kathmandu Nepal.
- Alvear, M., W.Broche, C.Salinas, and R.A. Ananias, 2003, Drying Kinetic Of Chilean Coigüe : Study Of Global Drying Coefficient, 8<sup>th</sup> international IUFRO Wood Drying Conference-2003 page 383 – 387
- Sun, Z.F., C.G.Carrington., C.Davis, Q.Sun, and S.Pang, 2003, Drying Radiata Pine Timber under Dehumidifier Conditions : Comparison Of Modelled Results with Experimental Results, 8<sup>th</sup> international IUFRO Wood Drying Conference-2003 page 39 – 44
- Khiang, T.K., Marzuki Khalid, and Rubiyah Yusof, 1995, Intelligent Elevator Control By Ordinal Structure Fuzzy Logic Algorithm, Center for Artificial Intelligence and Robotics Universiti Teknologi Malaya.
- Widłak, H., Jerzy Majka, 2004, Investigation Of Relation Between Moisture Content Decrease and Water Mass Flow Removed From A Kiln, Electronic Journal Of Polish Agricultural niversities – Wood Technology Vol.7Issue 2
- Solar Kiln Designs --- Solar Heated, Lumber Dry Kiln Designs [http://www.woodweb.com/knowledge\\_base/Solar\\_Kiln\\_Designs\\_2.html](http://www.woodweb.com/knowledge_base/Solar_Kiln_Designs_2.html), 27-11-2007