

MAKALAH PENELITIAN

TRANSFORMASI SISTEM IRIGASI SUBAK YANG BERLANDASKAN KONSEP TRI HITA KARANA¹

(TRANSFORMATION OF SUBAK IRRIGATION SYSTEM UNDER TRI HITA KARANA CONCEPT)

Wayan Windia², Suprodjo Pusposutardjo³, Nyoman Sutawan⁴,
Putu Sudira⁵, Sigit Supadmo Arif⁶.

ABSTRACT

Subak irrigation system beside as an appropriate technological system, but as a cultural system as well. This phenomenon indicate that basically subak irrigation system is a technological system that has been developed as a part of cultural society. Because of subak system is viewed as a technological system, so this system has an ability to be transformed. Meanwhile, limitation of the ability of subak irrigation system to overcome the extreme conditions, so its conditions basically to be solved through the harmony and togetherness, due to the Tri Hita Karana (THK) principles as a basic of subak system. Furthermore, through inverse technique, can be seen how far the ability of subak system can be transformed. And then, through Fuzzy Set Theory can be seen the dominance or ranks of the all elements of subak system, which is also as a consideration on the transformation process. (THK) principles as a basic of subak system. Furthermore, through inverse technique, can be seen how far the ability of subak system can be transformed. And then, through Fuzzy Set Theory can be seen the dominance or ranks of the all elements of subak system, which is also as a consideration on the transformation process.

Key words : transformation; subak irrigation system.

PENDAHULUAN

Sistem irigasi subak pada dasarnya dapat dipandang sebagai suatu sistem teknologi sepadan, dan juga dapat dipandang sebagai sistem kebudayaan. Karena adanya fenomena dan pengertian seperti ini, maka sering disebutkan bahwa sistem subak tersebut adalah sebagai suatu sistem teknologi yang telah menjadi bagian dari budaya masyarakat setempat (Pusposutardjo, 2000), atau sistem seperti ini disebutkan pula sebagai suatu sistem teknologi yang telah berkembang menjadi fenomena budaya masyarakat (Puspwardojo, 1993). Karena sistem subak dipandang sebagai sistem teknologi, maka sistem ini memiliki kemampuan untuk ditransformasikan ke daerah lain.

Sebagai suatu sistem teknologi maka sistem subak memiliki subsistem *hardware, software, humanware, organoware, dan infoware*. Sementara itu sebagai suatu sistem kebudayaan, maka sistem subak memiliki subsistem pola-pikir, sosial, dan artefak/kebendaan. Antara subsistem-subsistem dari sistem teknologi dan sistem kebudayaan, masing-masing memiliki keterkaitan, dan selanjutnya dapat dibentuk sebuah matrik hubungan antara subsistem-subsistem tersebut. Dalam matrik itulah dapat dilihat elemen-elemen dari sistem irigasi subak tersebut yang kemudian akan ditransformasikan.

Sistem subak sebagai sistem teknologi, maupun sebagai sistem kebudayaan, memiliki keterbatasan kemampuan untuk mengatasi masalah-masalah yang ekstrim, misalnya saja masalah kekurangan air yang selalu terjadi pada setiap musim kemarau. Masalah-masalah seperti ini pada umumnya dipecahkan dengan cara-cara tertentu berdasarkan konsep harmoni dan kebersamaan, yang sesungguhnya merupakan cerminan dan implementasi dari konsep *Tri Hita Karana* (THK), yang merupakan landasan dari sistem irigasi subak. Sistem subak seperti inilah sesungguhnya yang akan ditransformasikan ke daerah lain. Hal ini kiranya perlu dilaksanakan karena di masa depan kehidupan manusia akan semakin beragam, dan permasalahan yang muncul berkaitan dengan pemanfaatan air tampaknya tidak akan bisa dipecahkan semata-mata dengan aturan-aturan formal. Untuk itu sangat diperlukan suatu lembaga yang dapat memadukan aturan-aturan formal dan norma-norma religius secara operasional sebagaimana halnya telah berlaku dalam aktivitas sistem irigasi subak.

Kini, masalahnya adalah harus dibuat suatu tindakan agar suatu lembaga seperti halnya sistem subak dapat tetap dapat dipertahankan ditengah-tengah suatu dinamika masyarakat (petani), misalnya melalui suatu proses transformasi (alihragam). Selanjutnya perlu dirumuskan suatu persyaratan tertentu agar suatu bentuk lembaga adat seperti halnya sistem subak, dapat tetap hidup dalam

¹ Bagian dari disertasi dengan judul Transformasi Sistem Irigasi Subak yang Berlandaskan Konsep THK.

² Staf dosen Fak. Pertanian Univ. Udayana, Denpasar.

³ Guru besar pada Fak. Teknologi Pertanian dan Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.

⁴ Guru besar pada Fak. Pertanian dan Program Pascasarjana UNUD, Denpasar.

⁵ Staf dosen Fak. Teknologi Pertanian dan Program Pascasarjana UGM, Yogya.

⁶ Staf dosen Fak. Teknologi Pertanian dan Program Pascasarjana UGM, Yogya.

dinamika masyarakat yang berkembang pesat, dan dengan orientasi yang mengglobal.

Itulah sebabnya suatu kajian untuk melihat adanya kemampuan transformasi sistem subak sebagai suatu teknologi yang telah berkembang menjadi budaya masyarakat menjadi penting, ditinjau dari gatra sumbangan keilmuan, dan sumbangan dalam penerapannya.

Adapun catatan-catatan yang penting dipedomani dalam proses transformasi sistem subak adalah sebagai berikut : (i) bahwa sistem subak dapat ditransformasikan, bila dipenuhi persyaratan bahwa sistem itu adalah merupakan sistem irigasi yang bersifat sosio-teknis, dan dengan teknologi sepadan; (ii) ada prinsip harmoni dan kebersamaan untuk mengatasi keadaan ekstrim di luar batas keberlakuan teknologi sepadan; (iii) prinsip harmoni dan kebersamaan pada dasarnya tidak hanya dapat dicakup oleh konsep THK, namun adalah merupakan suatu landasan yang universal yang melekat pada setiap agama; (iv) catatan-catatan di atas pada dasarnya menunjukkan adanya peluang perbaikan pada sistem irigasi yang ada, menuju suatu manajemen irigasi yang baru, dan hal tersebut juga menunjukkan adanya langkah untuk menuju keberlanjutan sistem subak.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) untuk menemukan hubungan antara elemen-elemen sistem kebudayaan dan sistem teknologi dari sistem irigasi subak, dan selanjutnya menemukan pola pengalihan (transformasi) dari sistem subak yang berlandaskan THK tersebut ke kawasan yang lain, yang mungkin dengan sistem budaya yang lain, atau untuk pelestarian dari sistem subak yang bersangkutan.
- 2) untuk menemukan konsep baru dalam manajemen irigasi yang menggunakan-hampiran integratif sosio-kultural seperti halnya sistem subak yang berlandaskan konsep THK, mampu mengatasi masalah-masalah yang muncul sesuai dengan perkembangan teknologi sebagai akibat dari dampak transformasi kehidupan masyarakat dalam mendayagunakan air untuk irigasi.
- 3) untuk menemukan suatu cara, agar suatu lembaga adat seperti sistem subak yang berlandaskan THK, mampu mengadaptasi dinamika perkembangan sektor pertanian yang semakin kompleks sesuai tuntutan/dinamika kehidupan petani, khususnya dalam hal manajemen irigasi untuk kehidupan manusia (petani).
- 4) untuk menemukan pemahaman, bahwa sistem irigasi yang dikembangkan pada sistem subak, dalam batas-batas tertentu (sesuai kapasitas irigasi) mampu mengantisipasi kemungkinan terjadinya kekurangan air dengan cara mengelola pola tanam yang sesuai dengan peluang keberhasilannya.

LANDASAN TEORI

Sistem adalah rakitan elemen-elemen yang saling berkait melalui struktur dan hubungan timbal-balik,

dengan tujuan untuk menghasilkan luaran (*output*) tertentu, dan keberadaan luaran itu dipengaruhi oleh lingkungannya (Huppert & Walker,1989; Dent dkk,1979 dalam Sudira, 1999; dan Pusposutardjo,2001). Selanjutnya, sistem irigasi adalah satu set elemen-elemen yang memiliki hubungan timbal-balik, yang memiliki tujuan untuk menghasilkan pengelolaan dan pelayanan air irigasi. Luaran tersebut dipengaruhi oleh lingkungannya, dan lingkungan manusia memegang peranan yang paling penting terhadap luaran yang dihasilkan (Maskey dan Weber, 1996). Sementara itu, sistem irigasi subak dapat disebutkan sebagai suatu sistem irigasi dengan wujud yang sepadan dengan sosio-kultural masyarakat, mencapai tujuannya berdasarkan harmoni dan kebersamaan sesuai landasan THK, dan menjaga keseimbangan dengan lingkungannya (Pusposutardjo, 1997 dan Arif,1999).

Sistem irigasi subak yang berlandaskan THK seperti yang disebutkan sebelumnya itulah yang akan ditransformasikan. Dipersyaratkan bahwa dalam transformasi tersebut, luaran atau tujuan sistem irigasi subak yang melakukan pengelolaan dan pelayanan irigasi berdasarkan harmoni dan kebersamaan, tidak mengalami perubahan yang nyata.

Hubungan elemen-elemen dalam sistem irigasi subak yang berlandaskan THK sangat kompleks yang sebagian diantaranya mengandung nilai-nilai kuantitatif, misalnya pada elemen-elemen yang bersifat kebendaan, dan sebagian lainnya mengandung nilai-nilai kualitatif, misalnya, pada elemen-elemen yang bersifat pola pikir dan sosial. Hubungan antara elemen-elemen penyusun sistem subak tersebut, tidak dapat dipisahkan antara satu elemen dengan elemen lainnya (Pusposutardjo,2001), dan berbentuk fungsi yang tidak linier.

$$A = kf(B,S,K) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

A = sistem subak.
k = tetapan.

f(B,S,K) = fungsi budaya/pola pikir (*parhyangan*), sosial (*pawongan*), dan kebendaan/artefak (*palemahan*).

Agar hubungan fungsional elemen-elemen sistem subak dapat dicirikan prilakunya, maka dalam penelitian ini dilakukan penyederhanaan (*simplifikasi*), yakni dengan melakukan diskritisasi. Dalam kisaran nilai batas diskrit tersebut fungsi hubungan antara elemen-elemen sistem subak dengan luarannya dapat dinyatakan dalam bentuk matrik.

Bentuk matrik dari hubungan elemen-elemen sistem subak dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\bar{A} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \end{bmatrix}$$

Keterangan :

\bar{A} = sistem subak.

- a_{ij} = elemen-elemen dari hubungan semua sub sistem dari sistem kebudayaan dengan semua sub sistem dari sistem teknologi.
- i = sistem kebudayaan (1=budaya/pola pikir; 2=sosial; 3=kebendaan/artefak).
- j = sistem teknologi (1=*software*; 2=*hardware*; 3=*humanware*; 4=*organoware*; 5= *infoware*).

Kinerja sistem subak yang dinyatakan dengan matrik \bar{A} (a_{ij}) akan serupa bila persyaratan elemen a_{ij} terpenuhi, meskipun berada dalam lingkungan yang berbeda. Selanjutnya kalau dilakukan perbaikan pada elemen a_{ij} , maka ada peluang kinerja sistem subak mencapai kinerja ideal. Andaikan kinerja matrik sistem subak ideal dinyatakan dengan matrik \bar{H} (h_{ij}), maka diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\bar{A} \cdot \bar{X} = \bar{H} \dots\dots\dots(2)$$

Sehubungan dengan elemen-elemen sistem subak berbentuk matrik, maka matrik tersebut bisa memiliki bentuk transformasi (Chapra&Canale,1985; Supranto,1992; dan Suwondo,1993). Nilai transformasinya dapat diketahui dengan melihat nilai matrik \bar{X} , yang diperoleh dengan menghitung hasil kali *inverse* matrik \bar{A} sebagai berikut.

$$\bar{X} = \bar{A}^{-1} \bar{H} \dots\dots\dots(3).$$

Keterangan :

\bar{A} = matrik sistem subak (yang senyatanya/saat penelitian) (nxn).

\bar{H} = matrik sistem subak (ideal) (nxn).

\bar{X} = matrik sistem subak (transformasi) (nxn).

\bar{A}^{-1} = *inverse* \bar{A} (nxn).

Matrik \bar{X} dalam persamaan (2) dapat disebutkan sebagai model/bentuk matrik transformasi, karena mentransformasi sistem subak dengan ciri kinerja tertentu ke bentuk subak dengan kinerja ideal. Perbedaan antara matrik \bar{A} dan \bar{X} dinyatakan dengan nilai determinannya (D). Beda absolut antara D matrik sistem subak senyatanya, dan D matrik subak transformasi, adalah merupakan nilai transformasi sistem subak yang bersangkutan.

$$Z = (D-D^*)/D \times 100\% \dots\dots\dots(4).$$

Keterangan :

Z = koefisien nilai transformasi.

D = determinan matrik \bar{A} .

D* = determinan matrik X

Seperti dikemukakan sebelumnya, bahwa dalam penelitian ini dilakukan diskritisasi terhadap elemen-elemen sistem irigasi subak yang sangat sulit dipisahkan. Elemen matrik diskritisasi diwujudkan dalam bentuk hubungan antara sistem kebudayaan dan sistem teknologi dari lembaga subak.

Untuk bisa mendapatkan suatu nilai transformasi, maka setiap elemen matrik tersebut diberikan skor (dengan rentang 1-7). Skor 7 diberikan untuk respon petani yang

paling sesuai, dan skor 1 diberikan untuk respon petani yang paling tidak sesuai.

Selanjutnya, perilkakukan analisis dengan analisis *inverse*. Analisis *inverse* dilakukan karena hasil *inverse* yang mempunyai nilai sama dengan 1 (satu) dari matrik hubungan gatra teknologi dan gatra kebudayaan sistem irigasi subak yang akan ditransformasi, dan sistem irigasi subak hasil transformasi pada dasarnya menunjukkan tujuan ideal dari sistem irigasi subak yang bersangkutan. Sebelum dilakukan proses analisis *inverse*, data yang diperoleh dinormalkan terlebih dahulu sesuai model yang dilakukan dalam analisis teori *Fuzzy Set* (Malano dan Gao, 1992). Patut diketahui, bahwa skor untuk elemen-elemen matrik dicari untuk keadaan saat penelitian (senyatanya) dan untuk keadaan yang maksimal di masa yang akan datang (keadaan ideal berdasarkan pendapat petani/responden).

Dalam kaitan dengan proses analisis *inverse*, dinyatakan bahwa matrik \bar{A} adalah matrik yang mengandung skor keadaan saat penelitian (senyatanya), matrik \bar{H} adalah matrik yang mengandung skor untuk keadaan maksimal di masa yang akan datang (matrik ideal), dan matrik \bar{X} adalah matrik transformasi yang akan dapat dicari nilainya.

Langkah-langkah pelaksanaan *inverse* matrik adalah dengan teknik "Gauss-Jordan" (James, dkk, 1977). Dalam melakukan *inverse* matrik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan.

Pertama, kalau matriknya belum merupakan matrik kuadrat, maka untuk menjadikannya matrik kuadrat, persamaan matrik (2) harus dikalikan dulu dengan matrik *transpose* dari matrik yang akan di*inverse* (Jhonston, 1984), sehingga rumusnya menjadi :

$$\begin{aligned} \bar{A} \cdot \bar{X} &= \bar{H} \\ \bar{A}^T \bar{A} \bar{X} &= \bar{A}^T \bar{H} \\ (\bar{A}^T \bar{A}) \bar{X} &= \bar{A}^T \bar{H} \\ \bar{X} &= (\bar{A}^T \bar{A})^{-1} \bar{A}^T \bar{H} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

Kedua, kalau determinannya sama dengan nol, maka matrik itu tidak akan dapat berproses atau tidak memiliki solusi. Ini berarti bahwa matrik transformasinya adalah sama dengan nol, atau tidak ada matrik transformasi. Dalam hubungan dengan penelitian ini, maka subak yang diteliti tidak dapat ditransformasi, sehingga perlu dikaji faktor-faktor yang kemungkinan menyebabkan hal tersebut.

Selanjutnya, seperti terlihat pada persamaan (4), yakni setelah matrik \bar{X} dapat dihitung, dan matrik \bar{A} diketahui, maka kedua matrik itu dapat dibedakan dengan menghitung determinan (D).

Nilai Z pada persamaan (4) menunjukkan nilai transformasi subak sampel. Sistem subak dapat ditransformasikan, ditentukan oleh nilai absolut perbedaan determinan D dan D*. Bila nilai perbedaan absolutnya adalah nol, D=D*, dan/atau nilai D* adalah nol, maka subak tidak dapat ditransformasikan. Sistem subak dapat

ditransformasikan bila nilai $D > D^* > 0$. Adapun kategori Z adalah :

- (i) $20\% \geq Z > 0\%$, artinya sangat kurang baik untuk ditransformasi;
- (ii) $40\% \geq Z > 20\%$, artinya kurang baik untuk ditransformasi;
- (iii) $60\% \geq Z > 40\%$, artinya cukup baik untuk ditransformasi;
- (iv) $80\% \geq Z > 60\%$, artinya baik untuk ditransformasi;
- (v) $100\% \geq Z > 80\%$, artinya sangat baik untuk ditransformasi.

Rincian nilai-nilai di atas, dapat pula dipergunakan untuk menilai kemampuan subak yang bersangkutan untuk menyerap dinamika teknologi dan menyerap dinamika petani. Makin besar nilainya, maka itu berarti kemampuannya untuk menyerap dinamika teknologi dan dinamika petani semakin besar.

Untuk menentukan lebar diskritisasi yang benar, maka dihitung derajat kepekaan dari masing-masing elemen matrik dengan analisis teori *Fuzzy Set*. (Malano dan Gao, 1992; Pusposutardjo dan Wardana, 1997; dan Arif, 1998). Derajat kepekaan, menunjukkan pula dominansi dan ranking dari masing-masing elemen matrik, yang merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam proses transformasi.

Malano dan Gao (1992) menyebutkan bahwa dalam problema yang berkaitan dengan sistem irigasi, secara alami adalah inheren (tak dapat dipisahkan) dengan konsep *fuzzy*. Karena, dalam mengkaji kinerja sistem irigasi, masalah pokoknya adalah sebagai berikut:

- (i) membuat ranking dan membandingkan level kinerja dalam kurun waktu tertentu dari beberapa indikator kinerja yang bersifat multidimensi;
- (ii) membuat ranking dan membandingkan level kinerja dengan sistem irigasi yang lainnya;
- (iii) melakukan evaluasi secara kuantitatif dari kinerja irigasi, sesuai dengan target tujuan pengelolaan.

Adapun teknik pelaksanaan Teori *Fuzzy Set* adalah sebagai berikut:

- (i) dibuat dulu matrik $\bar{F} = f_{ij}$, dengan i adalah baris, yang menunjukkan lokasi subak yang diteliti (hulu, tengah dan hilir), dan j adalah kolom, yang menunjukkan skor elemen-elemen THK (*parhyangan, palemahan, dan pawongan*). Matrik \bar{F} adalah matrik dengan m baris dan n kolom;
- (ii) matrik \bar{F} ini dinormalkan, dengan mentransformasi menjadi matrik $\bar{Y} = y_{ij}$, dan cara untuk menormalkannya adalah dengan rumus berikut:

$$\bar{Y} = y_{ij} = \frac{f_{ij} - f_{\text{terjelek}}}{f_{\text{terbaik}} - f_{\text{terjelek}}} \dots \dots \dots (6)$$

dengan catatan :

- i = 1,2,.....,m;
- j = 1,2,.....,n
- f_{ij} = data asli dari matrik F,
- f_{terjelek} = skor terjelek yang ada dalam kolom j.
- f_{terbaik} = skor terbaik yang ada dalam kolom j.

- (iii) untuk mendapatkan ranking dari komponen THK, dilakukan dengan metode *Fuzzy-Dominance*, yakni dengan mentransformasi matrik \bar{Y} menjadi matrik $\bar{R} = (r_{ij})$.

Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$r_{ij} = \begin{cases} \sum_{j=1}^m Dj(i,k), & \text{bila } i \neq k \\ \dots \dots \dots (7) \\ 0, & \text{bila } i = k \end{cases}$$

$Dj(i,k)$ adalah suatu hubungan yang dominan, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$Dj(i,k) = \begin{cases} W_k, & \text{bila } y_{ij} - y_{kj} > 0 \\ 0 & \text{bila } y_{ij} - y_{kj} < 0 \quad j = 1,2,\dots,m \dots \dots (8) \\ 0,5 W_k, & \text{bila } y_{ij} - y_{kj} = 0 \end{cases}$$

Patut diketahui, bahwa W_k adalah faktor pembobotan yang mengindikasikan satu aras tertentu dari indikator yang ada. Bila kita perlu bobot yang sama yang dapat digunakan untuk semua indikator, maka $W_k = 1$.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di daerah Kabupaten Tabanan, dan di Kabupaten Karangasem, yang masing-masing mewakili kawasan yang subur/merupakan lumbung beras dan kawasan yang tidak subur/bukan lumbung beras di daerah Bali. Daerah sampel ditetapkan dengan cara *purposive*. Pada setiap kabupaten sampel, dipilih sebuah kawasan daerah aliran sungai yang paling besar perannya memasok air irigasi ke kawasan sawah di daerah yang bersangkutan. Akhirnya dipilih secara *purposive*, masing-masing adalah kawasan daerah aliran sungai Yeh Ho di Kabupaten Tabanan dan Sungai Pati di Kabupaten Karangasem.

Selanjutnya, pada setiap daerah aliran sungai dipilih tiga buah subak sampel yang masing-masing lokasinya di hulu, tengah dan hilir, secara *purposive*. Adapun subak-subak sampel yang dipilih adalah Subak Ubung, Timpag, dan Sungsang di Kabupaten Tabanan, dan Subak Geredeg, Subagan, dan Sudi di Kabupaten Karangasem. Pada setiap subak sampel dipilih secara random 30 orang petani sebagai responden, masing-masing 10 orang petani yang lokasi sawahnya di hulu, tengah, dan hilir di subak sampel yang bersangkutan.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui petani responden dengan cara survei dengan menggunakan daftar pertanyaan/pernyataan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Sedangkan data sekunder

dikumpulkan melalui dinas-dinas yang terkait. Daftar pertanyaan/ Pernyataan yang dipersiapkan, ditest dulu kesahihan (validitas) dan keandalannya (reliabilitasnya), sebelum dipergunakan sebagai alat pengumpulan data dari petani responden.

Seperti telah dikemukakan dalam pembahasan terdahulu, bahwa untuk mengetahui kemampuan transformasi sistem irigasi subak digunakan analisis *inverse* matrik. Kemudian, untuk mengetahui dominansi/ranking dari setiap elemen subak yang akan ditransformasikan yang sekaligus merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam proses transformasi, dilakukan dengan analisis *Fuzzy Set Theory*. Kemampuan suatu sistem subak dapat ditransformasikan, sekaligus menunjukkan pula kemampuannya untuk beradaptasi dengan teknologi yang berkembang, dan juga kemampuannya untuk beradaptasi dengan dinamika budaya petani setempat. Selanjutnya, untuk mengetahui kemampuan sistem subak mengantisipasi problem kekurangan dengan mengatur sistem pola tanamnya, dianalisis dengan tehnik *chi-square*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

(1) Transformasi sistem irigasi subak

Sehubungan dengan konsep yang telah dikemukakan terdahulu, bahwa sistem subak adalah suatu teknologi yang sudah merupakan kebudayaan masyarakat, maka dibuatlah matrik lembaga subak yang merupakan matrik hubungan antara sistem teknologi dan sistem kebudayaan yang kemudian dapat dianalisis melalui metode *inverse* matrik seperti diuraikan terdahulu.

Adapun hasil analisis *inverse* matrik yang memberikan gambaran tentang sistem subak dapat ditransformasi dapat dilihat kiranya pada Tabel 1. Selanjutnya, dengan mengkaji Tabel 1. terlihat bahwa Subak Ubung dan Subak Geredeg yang lokasinya di hulu, tercatat memiliki kemampuan yang baik untuk di transformasi. Hal ini tampaknya berkait dengan adanya ketersediaan air irigasi di hulu. Hanya Subak Sudi di Karangasem, yang lokasinya di bagian hilir, tercatat memiliki kemampuan yang sangat kurang baik untuk di transformasi.

Tabel 1. The value of subak samples ability to be transformed

Name of subak	Location	Determinant value		Transforma tion value(%) (D-D*)/D x 100%	Status of Transforma tion ability
		Matrix A/matrix for initial condition (D)	Matrix X/matrix solution/tran sformation (D*)		
Regency of Tabanan:					
1. Subak Ubung	Head	2,62	0,82	68,63	Good
2. Subak Timpag	Middle	1,84	0,01	44,75	Quite good
3. Subak Sungsang	Tail	2,06	1,12	45,81	Quite good
Regency of Karangasem :					
1. Subak Geredeg	Head	2,95	0,94	67,96	Good
2. Subak Subagan	Middle	2,04	0,95	53,60	Quite good
3. Subak Sudi	Tail	1,41	1,37	3,22	Very not good

Subak Sudi yang kondisi elemen-elemennya sangat kurang baik untuk ditransformasi, mungkin karena harapan ideal dari petani di subak tersebut jauh dari kenyataan yang kini dihadapi, dan elemen-elemennya yang mungkin tidak utuh lagi.

Namun, hasil analisis kiranya dapat dikatakan sebagai suatu pembuktian bahwa secara umum sistem subak di Bali meskipun dengan kondisi yang berbeda, ternyata memiliki kemampuan yang cukup baik untuk ditransformasi. Nilai transformasi pada dasarnya menunjukkan prosentase kemampuan elemen-elemen subak yang bersangkutan untuk ditransformasi. Makin besar nilai transformasinya, maka ada kecendrungan semakin besar kemampuan elemen-elemen subak tersebut untuk ditransformasi. Demikian pula sebaliknya.

Melihat nilai transformasi di atas, anggota subak tampaknya cenderung telah merasakan bahwa harapan ideal dari sistem subak sudah mirip dari kenyataan yang kini dirasakan, dan elemen-elemennya masih cukup baik. Hal ini berarti bahwa sistem subak yang bersangkutan sudah dapat memberikan pelayanan secara adil, dan mereka merasakan adanya rasa bahagia dan sejahtera sesuai dengan prinsip THK.

Rasa adil yang ditemukan dalam sistem subak, khususnya dalam subak sampel dicirikan pula dengan relatif tidak pernah adanya konflik dalam subak yang bersangkutan, meskipun misalnya di Kabupaten Karangasem bangunan-bagi di jaringan tersier dibuat dari batu-batu kali. Kondisi itu terjadi antara lain karena: (i) adanya kondisi *one inlet and outlet system* pada setiap

komplek pemilikan sawah petani anggota subak; (ii) adanya kebiasaan saling pinjam-meminjam air antar anggota subak, dan bahkan antar subak yang berkait; (iii) bila dirasakan kondisi air irigasi semakin terbatas, maka ada kebiasaan di kalangan subak untuk membagi wilayahnya menjadi wilayah pertanian hulu-hilir (seperti halnya di Subak Subagan Kabupaten Karangasem), atau bahkan ada subak yang membagi wilayah pertanian di areal subaknya menjadi hulu-tengah-hilir. Tentang kapankah saatnya petani yang wilayahnya berada lebih di hilir boleh menanam padi, ditentukan berdasarkan kesepakatan anggota subak yang bersangkutan. Selanjutnya, karena adanya sistem pura pada setiap subak, sehingga petani dalam aktivitasnya harus bersikap baik (toleran) dengan sesamanya, agar perbuatannya disaksikan oleh para Dewa sebagai manifestasi dari Tuhan Yang Maha Esa, agar nanti dalam kehidupan di alam baka mendapat hasil perbuatan yang baik, sesuai dengan konsep *karma-phala* (hasil perbuatan) yang dianut oleh masyarakat Hindu di Bali. Geertz (1972) menyatakan pula bahwa adanya pura (Pura Bedugul) pada setiap subak di Bali dapat memperkuat rasa persatuan di kalangan subak yang bersangkutan.

Sementara itu, untuk menimbulkan rasa adil dalam pengelolaan irigasi bagi anggota subak, maka di Subak Ubung Kabupaten Tabanan, telah diadakan perubahan dalam standard perhitungan sistem *ayahan*. Sebelum Tahun 1984, setiap lahan sawah yang dimiliki petani seluas 40 are harus mengeluarkan tenaga kerja sebanyak satu *ayahan* pada setiap aktivitas subak yang bersangkutan. Namun, karena adanya perkembangan keadaan, khususnya berkait dengan proses fragmentasi hak pemilikan lahan (karena adanya proses pewarisan, jual-beli, dan lain-lain), maka sejak tahun 1984 disepakati bahwa standard perhitungan untuk satu *ayahan* adalah seluas 20 are. Jadi, saat ini setiap petani yang memiliki lahan seluas 20 are harus memberikan kontribusi tenaga kerja sebanyak satu *ayahan* (satu unit/satu orang) pada setiap aktivitas subak yang bersangkutan.

Bila petani yang memiliki lahan lebih dari 20 are, dan mereka tidak mampu memberikan kontribusi berupa tenaga kerja, maka ia dikenakan kontribusi berupa natura sebanyak 2,5 kg gabah (kering panen) per 10 are per panen. Kondisi kontribusi natura ini dikenal dengan istilah *pengampel-nyeke*. Atinya, petani masih harus membayar iuran *pengampel*, meski ia aktif sebagai anggota subak (menjadi anggota *seke/nyeke*).

Selanjutnya, kalau seandainya petani memiliki lahan kurang dari 20 are, maka ia berhak untuk menjadi anggota tidak aktif dalam subak itu, namun harus membayar kontribusi berupa natura sebanyak 10 kg gabah (kering panen) per 10 are per panen. Kondisi seperti ini disebut dengan istilah *pengampel*.

Patut kiranya dinyatakan di sini, bahwa tingkat besarnya peluang sistem subak ditransformasi menunjukkan pula tingkat kemampuan suatu sistem yang menggunakan hampiran integratif sosio-kultural untuk mengatasi masalah-masalah yang muncul seiring dengan perkembangan teknologi, serta menunjukkan pula tingkat kemampuan teknologinya untuk mengadaptasi dinamika perkembangan sektor pertanian yang semakin kompleks

seirama dengan dinamika kehidupan petani. Sebab, kalau kedua hal tersebut tidak dapat dilakukan, maka sistem subak tentu tidak dapat ditransformasikan.

Meskipun sistem subak secara umum adalah cukup baik untuk ditransformasi, namun hal itu tentunya tidak mudah dilaksanakan. Beberapa hal pokok yang perlu diperhatikan dalam melakukan proses itu antara lain adalah :

- (1) di kawasan itu harus ada air yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi . Air adalah kebutuhan pokok dalam proses pembentukan sistem subak. Kenyataan di Bali menunjukkan bahwa kalau memang ada air yang dapat dimanfaatkan untuk irigasi, maka petani akan berusaha dengan sekuat tenaga untuk mendapatkan dan memanfaatkannya. Bahkan dengan membuat bendung dan trowongan yang panjangnya beberapa kilo meter. Kasus seperti ini pernah tercatat kejadiannya di kawasan Subak Timbul Baru , Kecamatan Tegalalang, Kabupaten Gianyar, dan di kawasan Subak Sungsang, Kecamatan Kerambitan, Kabupaten Tabanan;
- (2) di kawasan itu harus ada lahan yang miring, sehingga dapat dibuat sawah yang bertingkat. Umumnya lokasi subak di Bali adalah miring, sehingga mereka mampu mengelola air irigasi dengan baik, antara lain dengan membangun sistem suplesi dan drainasi pada setiap blok sawah milik petani (mengembangkan sistem *one inlet and one outlet*) atau bahkan sistem suplesi dan drainasi antar subak;
- (3) Memperhatikan dengan cermat elemen-elemen matrik, khususnya elemen yang dominan, sesuai dengan hasil analisa *Fuzzy Set Theory* dari masing-masing subak sampel. Sebab, dominansi elemen-elemen pada setiap sistem subak, pada dasarnya harus diterima oleh masyarakat di kawasan mana subak yang bersangkutan akan ditransformasikan. Kalau elemen-elemen yang dianggap dominan, tidak sesuai dan tidak dapat diterima oleh suatu kelompok masyarakat tertentu, maka tentu akan sangat sulit untuk mentransformasikan sistem subak kepada masyarakat tersebut.

Sementara itu, kesulitan yang tampaknya cenderung muncul dalam proses pembentukan sistem subak, antara adalah :

- (1) aspek pola-pikir sosio kultural masyarakat setempat, yang mungkin sulit untuk dapat mengkaitkan eksistensi suatu sistem irigasi dengan kondisi sosio-kultural yang bersifat religius. Padahal persoalan ini adalah merupakan faktor penting dalam proses pengelolaan sistem subak tersebut;
- (2) aspek sosial , yang berkait dengan kesediaan masyarakat setempat untuk membentuk sebuah organisasi sosial yang memiliki aturan tertulis yang rumit, dan sekaligus memiliki landasan nilai-nilai agama;
- (3) aspek kebendaan, khususnya yang berkait dengan pembangunan jaringan irigasi yang memiliki sistem *one inlet and one outlet* pada setiap blok/komplek pemilikan sawah petani, serta adanya sistem drainasi yang mengkaitkan antar sistem irigasi di kawasan itu.

(2) Derajat Kepekaan Atau Dominansi/Ranking Elemen-Elemen Sistem Irigasi Subak

Teknologi adalah alat untuk mencapai tujuan secara lebih efektif dan efisien (Gie, 1982). Sebagai suatu alat, maka teknologi tentu memerlukan persyaratan tertentu untuk dapat dimanfaatkan secara optimal. Demikian pula halnya dengan sistem subak yang dipandang sebagai suatu teknologi. Sistem subak memerlukan persyaratan tertentu untuk dapat ditransformasi, dan kemudian dapat dimanfaatkan secara optimal. Persyaratan tersebut berdasarkan pada fenomena eksistensi sistem subak yang dipandang sebagai sistem teknologi yang telah menjadi kebudayaan masyarakat.

Berkait dengan hal tersebut, dibuatlah matrik hubungan antara sistem teknologi dan sistem kebudayaan. Setiap matrik, berisi elemen-elemen matrik, yang akhirnya elemen-elemen matrik itu dapat dilihat derajat kepekaannya/dominansinya/rankingnya, dengan metode *Fuzzy Set Theory*.

Seperti terlihat dalam bab terdahulu, bahwa isi dari matrik yang digambarkan sebelumnya adalah berisikan elemen-elemen matrik hubungan antara sistem teknologi dan sistem kebudayaan, yang kemudian dijabarkan dalam bentuk pertanyaan/pernyataan. Selanjutnya, hasil skor dari semua pertanyaan/pernyataan yang diajukan kepada petani, dianalisis sesuai dengan alat analisis yang telah disebutkan sebelumnya.

Hasil dari analisis ini adalah untuk menunjukkan elemen-elemen yang merupakan elemen yang paling dominan sampai selanjutnya pada elemen yang paling tidak dominan, dari setiap matrik hubungan sistem teknologi dan sistem kebudayaan tersebut. Dengan demikian, pada saatnya akan dapat dilihat bahwa untuk setiap subak sampel yang akan ditransformasi, akan ditemukan ranking elemen-elemen matrik subak yang bersangkutan.

Selanjutnya, bila dikaji lebih jauh, yakni dengan melihat beberapa elemen yang paling dominan pada setiap matrik, tampaknya ada dinamika pemikiran yang berkembang pada sistem subak di Bali yang menuju ke arah hal-hal yang bersifat pragmatis. Misalnya, di Subak Ubung Kabupaten Tabanan, elemen yang paling dominan dalam hubungan subsistem pola pikir dan subsistem *software* adalah harapan untuk adanya pembagian manfaat dan biaya secara proporsional, sedangkan subak-subak lainnya mementingkan adanya *awig-awig*, dan elemen bahwa air adalah ciptaan Tuhan Yang Maha Esa berada pada ranking kedua dan ketiga. Namun demikian, dalam hubungan subsistem pola pikir dan *humanware* tetap tercermin sebagai elemen yang paling dominan yakni air itu harus dihormati keberadaannya, karena air itu adalah ciptaan Tuhan Yang Maha Esa.

Sementara itu, di Subak Sungsang Kabupaten Tabanan, yang terkenal sebagai subak yang dalam sejarah pembangunannya sangat gigih membangun bendung dan trowongan untuk mendapatkan air irigasi, dengan tegas tercermin dari elemen-elemen yang dominan adalah alasan petani bergabung dalam sistem subak karena kepentingannya pada air irigasi (hubungan subsistem pola pikir dan *humanware*), pengelolaan subak harus transparan

(hubungan subsistem pola pikir dan *organoware*), dan perlunya ada sarana trowongan untuk sistem irigasinya (hubungan subsistem artefak dan *hardware*). Subak-subak lainnya di Kabupaten Tabanan, tampaknya lebih mementingkan bahwa sistem subak itu seharusnya bersifat agamis (hubungan subsistem pola pikir dan *organoware*), dan adanya bangunan sistem pura (hubungan subsistem artefak dan *hardware*).

Selanjutnya, subak-subak sampel di Kabupaten Karangasem, misalnya Subak Geredeg dan Subak Subagan mementingkan elemen keadilan dan keterbukaan dalam hubungan subsistem pola pikir dan *software*, sedangkan di Subak Sudi, ada pengakuan bahwa elemen yang dominan adalah bahwa air itu adalah ciptaan Tuhan Yang Maha Esa. Kenyataan ini tampaknya menunjukkan pula bahwa subak-subak di Karangasem, cenderung semakin pragmatis. Namun demikian, hampir sama dengan subak-subak sampel di Kabupaten Tabanan bahwa dalam hubungan subsistem pola pikir dan *humanware*, semuanya mengakui sebagai komponen yang paling dominan adalah bahwa air itu harus dihormati keberadaannya, karena air adalah ciptaan Tuhan Yang Maha Esa. Hal ini tampaknya tercermin dari upacara-upacara yang dilakukan.

Kemudian, dalam hubungan subsistem pola pikir dan *organoware*, semua subak sampel mengakui bahwa elemen yang paling dominan adalah bahwa subak seharusnya mengandung nuansa agamis. Dalam hubungan antara subsistem pola pikir dan *inforeware*, elemen yang paling dominan dalam semua subak sampel di Kabupaten Karangasem adalah harus ada manfaat dari keberadaan sistem subak. Hal ini tampaknya mengandung indikasi bahwa sistem subak di daerah ini sudah memandang subak itu dari pandangan agamis, dan pragmatis secara seimbang.

Sementara itu, dalam kaitan dengan kemampuan sistem subak untuk mengantisipasi problem kekurangan air irigasi pada musim kemarau, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem subak ada kemampuan untuk mengantisipasi problem tersebut, dengan mengatur pola tanam sesuai peluang keberhasilannya. Kemampuan ini nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem subak sebagai suatu teknologi yang sepadan, mampu mengelola air irigasinya dengan cara-cara harmoni dan kebersamaan, demi kesejahteraan petani anggotanya.

KESIMPULAN

Dengan memperhatikan uraian dan pembahasan terdahulu, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

- 1) Sistem irigasi subak adalah merupakan sistem teknologi sepadan, sehingga memiliki kemampuan untuk ditransformasikan. Pada kenyataannya subak-subak sampel pada umumnya memiliki kemampuan yang cukup baik untuk ditransformasikan. Dengan menggunakan teknik *inverse* matrik, maka persentase nilai kemampuan transformasi dari sistem subak pada dasarnya dapat dihitung, dan nilai itu menunjukkan pula nilai kemampuan sistem subak untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang terjadi, dan kemampuannya untuk beradaptasi dengan dinamika kehidupan petani.

- 2) Kemampuan sistem subak untuk ditransformasikan dengan nilai yang cukup baik, menunjukkan pula bahwa sebetulnya sistem subak di daerah sampel telah dapat mensejahterakan anggotanya. Karena, harapan ideal dari anggota subak tampaknya cenderung telah dinikmati dalam kenyataan sehari-hari. Kemampuan transformasi sistem subak menunjukkan bahwa bahwa elemen-elemen dan hubungan antar elemen sistem subak tersebut cenderung masih utuh. Hal yang sebaliknya terjadi, kalau subak tersebut tidak memiliki kemampuan yang baik untuk ditransformasikan, seperti halnya yang terjadi di Subak Sudi Kabupaten Karangasem. Nilai kemampuan transformasi subak, tampaknya berkait pula dengan ketersediaan air dan kondisi lahan di kawasan itu. Makin baik ketersediaan air dan kondisi lahan di suatu kawasan subak, maka cenderung makin besar nilai transformasinya.
- 3) Selanjutnya dengan tehnik *Fuzzy Set Theory* maka akan dapat dicatat derajat kepekaan dari setiap elemen subak. Derajat kepekaan elemen subak menunjukkan dominansi atau ranking dari elemen-elemen tersebut, dan keadaan dominansi elemen-elemen subak itu adalah merupakan suatu persyaratan yang harus dipedomani dalam proses transformasi sistem subak.
- 4) Asumsi dari penelitian ini adalah diadakannya proses diskritisasi sebagai wujud dari pelaksanaan simplifikasi dari elemen-elemen dan hubungan elemen-elemen subak yang kompleks dan tidak linier. Dengan demikian, ditemukan suatu landasan linier terhadap analisa matrik yang digunakan dalam penelitian ini, yang sesungguhnya matrik itu adalah merupakan suatu konsep linier. Dalam penelitian lebih lanjut di masa depan, haruslah dapat dipenuhi, agar data elemen matrik dapat memenuhi persyaratan linier. Hal ini dicerminkan dengan mengetahui lebar interval dari matrik elemen-elemen sistem subak bersangkutan. Sebagai penentu lebar interval elemennya adalah kondisi lingkungan strategis dari sistem subak tersebut.
- 5) Kelemahan lain dalam proses transformasi sistem subak adalah sebagai berikut : (i) adanya faktor budaya yang sangat melekat pada sistem subak, yang dicerminkan adanya nilai-nilai agama yang dijadikan landasan dari subak yang bersangkutan; (ii) adanya perubahan yang kini sangat dinamis dalam kehidupan masyarakat, dan kini tercermin sangat berkurangnya perhatian pada sektor pertanian dan irigasi; (iii) belum dapat dipisahkan secara tegas peranan gatra pola pikir, sosial, dan artefak dalam perhitungan nilai kemampuan transformasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui naskah tulisan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Program Beasiswa BPPS Depdiknas yang telah memberikan beasiswa kepada penulis dalam menyelesaikan program doktor di UGM-Yogyakarta. Disamping itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Jaringan Komunikasi Irigasi Indonesia (JKII) dan semua pihak lainnya, yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S.S.1998. *Keberlanjutan Sistem Irigasi dalam Pembangunan Jangka Panjang Kedua (Studi Kasus di Jawa dan Bali)*, P3PK-UGM, Yogya.
- Arif,S.S.1999. Applying Philosophy of Tri Hita Karana in Design and Management of Subak Irrigation System, dalam *A Study of the Subak as Indigenous Cultural, Social, and Technological System, to Establish a Culturally based Integrated Water Resources Management Vol.III* (ed: S. Susanto), Fac. of Agric.Technology, Gadjah Mada Univ, Yogya.
- Chapra, S.C. and R.P. Canale.1985. *Metode Numerik Untuk Tehnik* (terjemahan) , UI Press, Jakarta.
- Geertz, C.1972. The wet and the dry traditional irrigation in Bali and Marocco, dalam *Human Ecology*, Plenum Publishing Corporation, New York 1 (1) : 23-39.
- Gie, T.L. 1982. *The interrelationships of science and technology*, Yayasan studi ilmu dan teknologi, Yogyakarta.
- Huppert, W and H.H. Walker. 1989. *Management of irrigation systems : guiding principles*, GTZ, Eschborn.
- James,M.L.;G.M. Smith; J.C. Wolford.1977. *Applied numerical methods for digital computation with fortran and ccmp, second edition*, Thomas y. crowel harper and row publishers, New York.
- Johnston, J.1984. *Econometric methods, third edition*, mc.graw-Hill Int.Book Co., Auckland.
- Kayam, U.1991. Transformasi budaya kita, dalam *Menerawang masa depan ilmu pengetahuan, terknologi dan seni* (ed: S. Sasmojo), penerbit ITB,Bandung.
- Malano, H.M and G.Gao. 1992. Ranking and Classification of Irrigation System Performance using Fuzzy Set Theory : Case Studies in Australia and China. *Irrigation and Drainage System*, 6 (2) : 129-148.
- Maskey,R.K.and K.E.Weber.1996. Evaluating factors influencing farmers satisfaction with their irrigation system, a case from the hill of Nepal, dalam *Irrigation and Drainage Sustem*, Vol.10 Th.1996, p.331, Kluwer Academic Publishers, Netherland.
- Pusposutardjo, S. 2000. Diskusi pribadi.
- Pusposutardjo, S. dan W. Wardana. 1997. Evaluasi hasil, akibat dan dampak pelaksanaan pengembangan irigasi desa : studi kasus Kabupaten Sleman Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Agritech*, 17 (2) : 15-22.
- Pusposutardjo, S. 1997. *Hampiran Sosiologi Teknik (Engineering Sociology) sebagai Pilihan dalam Pembangunan Pengairan*, Bahan Penataran Diklat Pengairan, DPU Wilayah Bandung.
- Pusposutardjo, S. 1997d. Diskusi pribadi.
- Pusposutardjo,S.2001. *Pengembangan irigasi,usahatani berkelanjutan,dan gerakan hemat air*, Ditjen.Dikti,Jakarta.
- Sudira,P.1999. *Pemodelan dan simulasi* (diktat), FTP-UGM,Yogyakarta.
- Supranto,J.1992.*Pengantar matrik*, BP-FEUI, Jakaarta.
- Suwondo, E. (1993) *Pengantar Numerik*, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.