ETNOMATEMATIKA : KONSEP DAN EKSISTENSINYA

**WIWIT KURNIAWAN
TRI HIDAYATI**

Judul:

Etnomatematika: Konsep dan Eksistensinya

Penulis:

Wiwit Kurniawan

Tri Hidayati

ISBN 978-623-7699-01-9

Cetakan Pertama 2019

Penerbit CV. Pena Persada

2019

Kata Pengantar

Sejarah manusia tidak bisa dipisahkan dengan pencacahan dan angka. Sejak zaman purba para manusia gua sudah mampu menghitung dengan bantuan kerangka dan tulang rusuk serigala. Bangsa Inca ribuan tahun yang lalu telah membuat sistem numerik dalam bentuk ikatan quipu. Bangsa Cina telah menggunakan sempoa. Serta pada zaman modern ini manusia telah membuat komputer.

Sejak revolusi kognitif dalam sejarah manusia, perkembangan pencacahan semakin penting. Berpikir dengan angka dan simbol semakin diperlukan untuk membangun peradaban yang besar dan kompleks. Semenjak manusia meninggalkan kebiasaan *hunter* dan *gathering* dan membentuk komunitas luas dan kompleks, matematika menjadi jantung perkembangannya.

Manusia tidak hanya menghitung jumlah hewan buruan dan buah-buahan yang telah dikumpulkan. Manusia harus menghadapi komunitas dan dunia yang mereka buat sendiri. Berbagai perhitungan terkait piutang, jumlah prajurit, jumlah batu, tinggi monumen dan jarak antar kota menjadi perihalan yang wajib untuk diungkap. Di sinilah, di dunia yang semakin kompleks inilah matematika berkembang sejalan dengan peradaban manusia.

Maka, sejarah peradaban manusia adalah sejarah matematika. Konsep dan gagasan dalam matematika adalah cerminan dari peradaban manusia. Sebuah usaha untuk membangun dan menyusun kehidupan bersama. Sebuah usaha untuk menyelesaikan pelik dan rumit kesulitan manusia. Di dalam angka, bukan bermakna jumlah saja. Angka adalah cerminan perjuangan

manusia untuk menaklukkan kesulitan hidup. Wahana untuk eksistensi dan peneguhan atas perjuangan manusia.

Di mana ada usaha untuk membangun peradaban, di situlah matematika hadir. Oleh karena itu, setiap peradaban dimana pun dan kapan pun, pasti memiliki bentuk matematikanya sendiri. Suatu konsep matematika yang mencerminkan pemikirannya dalam memahami dunia dan menyokong kehidupan mereka. Serta, sebagai tiang pancang peneguhan peradaban.

Tidak diungkiri bahwa masyarakat modern adalah masyarakat yang memiliki pengetahuan matematika yang unggul. Masyarakat yang menjadi bukti kekuatan dan keunggulan matematika. Namun, bukan berarti bahwa di luar masyarakat modern tidak memiliki matematika.

Setiap peradaban dan perjuangan manusia memiliki matematikanya sendiri. Karena matematika adalah nafas peradaban. Matematika adalah *geist* (ruh) yang menggambarkan bagaimana manusia mencerna realitas. Setiap peradaban, dengan sistem budaya dan monumen bangunannya, pasti memiliki ruh ini: etnomatematika. Etnomatematika suatu konsep berpikir, pancaran realitas dalam pikiran, tatanan dan sistem pemikiran tersebut, yang muncul dalam berbagai peradaban dunia.

Pada buku yang singkat ini, penulis ingin mengungkap ruh peradaban berupa etnomatematika pada peradaban Jawa. Peradaban Jawa adalah salah satu peradaban besar di masa silam yang mewariskan berbagai bentuk kebudayaan dan bangunan monumental. Salah satu bentuk bangunan tersebut adalah Candi Borobudur. Peneliti percaya bahwa Candi Borobudur adalah bukti adanya pemikiran matematika yang unik dan distingtif pada kebudayaan Jawa.

Pada kesempatan ini, izinkan penulis untuk membuka kaca
bengala matematika dalam kebudayaan jawa.

Penulis

Pamulang, 2019

Daftar Isi

BAB 1

Pendahuluan	1
-------------	---

BAB 2

Etnomatematika, Matematika dan Pendidikan 5

Landasan Konsep Etnomatematika	5
Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika	6
Aspek Budaya	6
Aspek filosofis dan Landasan Konsep Etnomatematika	7
Perkembangan dan Aliran Pemikiran Etnomatematika	16
Arsitektur sebagai perwujudan Pengetahuan Matematika	21
Etnomatematika dalam berbagai Penelitian	25

BAB 3

Etnomatematika dalam Candi Borobudur 27

Sejarah Candi Borobudur dan Pemugarannya	27
Konsep Etnomatematika pada Candi Borobudur	32
Konsep Bilangan	33
Logika	36
Konfigurasi Ruang	38
Sistematisasi	40
Geometri Fraktal pada Borobudur	42
Proses Literasi	45
Proses Matenarasi	46

Proses Teknokrasi	47
-------------------	----

BAB 4

Penerapan Etnomatematika dalam Pendidikan Matematika	48
---	----

Etnomatematika Candi Borobudur dalam Pembelajaran Matematika	48
--	----

Sumbangan Etnomatematika pada Perubahan Kurikulum Matematika	50
--	----

Peran etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika yang Kontekstual	54
---	----

Wujud Matematika dalam Pemahaman Etnomatematika	55
---	----

BAB 5

Kesimpulan Dan Saran	58
-----------------------------	----

Daftar Pustaka	62
----------------	----

BAB 1

Pendahuluan

Pandangan matematika yang universal dan bebas nilai membuat matematika dipahami sebagai sesuatu yang terlepas dari budaya, konteks lokal dan kehidupan sehari-hari. Hal ini menyebabkan pendidikan matematika disajikan dalam hal yang abstrak dan kurang menyentuh ranah aplikasi, sehingga peserta didik sulit memahami konsep matematika. Padahal, sebagaimana dikatakan Alan Bishop bahwa konsep-konsep matematika muncul dan dibentuk oleh suatu kebudayaan tertentu, sehingga matematika memiliki relasi nilai dan budaya serta tidak bisa dipisahkan dari konteks budayanya. Bishop (Bishop, 1990) menambahkan bahwa matematika, layaknya gagasan pada umumnya, adalah konstruksi manusia dan memiliki sejarah budayanya sendiri. Sehingga, pembelajaran matematika tidak bisa dilepaskan dari budaya dan konteks sejarah yang membentuknya. Pendidikan matematika di Indonesia perlu menghadirkan pandangan matematika yang terkoneksi dengan budaya dan adat peserta didik, sehingga mereka bisa memahami matematika melalui pemahaman budaya lokal mereka sendiri.

Alan Bishop menerangkan bahwa matematika yang diajarkan di sekolah mengandung muatan budaya Barat, khususnya Eropa (Bishop, 1990). Hal ini membuat siswa akan sulit memahami matematika karena konsep-konsep yang ada bukan berasal atau muncul dari kebudayaan mereka sendiri. Konsep-konsep matematika Barat tidak sesuai dengan apa yang ada pada budaya lokal. Di sisi lain, dalam budaya lokal memiliki konsep-konsep matematika sendiri yang telah digunakan dalam

masyarakat. Namun karena dominasi pendidikan Barat, konsep matematika lokal tersingkir dan tidak diakui. Akibatnya adalah konsep matematika lokal (*ethnomathematics*) akan hilang karena tidak dianggap sebagai suatu bentuk matematika. Etnomatematika membantu untuk membentuk meta-kesadaran atas peran matematika dalam masyarakat dan budaya, sehingga program etnomatematika ini bisa mengungkap bagaimana matematika tradisional berperan dalam budayanya sendiri (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 3).

Budaya Indonesia sangat kaya dan beragam, kekayaan ini seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran. Dalam pandangan etnomatematika, terdapat berbagai bentuk matematika lokal yang terdapat dalam setiap budaya, tidak terkecuali budaya Indonesia. Berbagai aktivitas dan konsep matematika seperti mengukur, menghitung dan mengklasifikasi muncul dalam berbagai aspek budaya Indonesia. Sebagai contoh, berbagai konstruksi bangunan candi di Jawa Tengah dan Yogyakarta merupakan suatu bentuk geometris yang terpola. Dari bangunan tersebut terdapat pola dasar berupa bentuk-bentuk geometris seperti lingkaran, segitiga, persegi dan persegi panjang. Selain itu, design candi Jawa yang berpola menandakan adanya sebuah design dengan landasan geometri fraktal. Berbagai konsep matematika Indonesia tersebut, seharusnya bisa menjadi pengetahuan yang memperkaya pembelajaran matematika.

Atas permasalahan di atas, kajian ini membahas etnomatematika. Etnomatematika adalah konsep-konsep dasar matematika seperti membuat pola, menghitung dan memprediksi yang ada pada kebudayaan-kebudayaan lokal. Objek kajian candi pada penelitian ini akan dikhususkan pada Candi Borobudur.

Candi ini merupakan candi terbesar di Indonesia dan dianggap sebagai salah satu keajaiban dunia. Penelitian ini akan menggali bagaimana bentuk etnomatematika pada budaya Indonesia berupa candi di Jawa Tengah yakni Candi Borobudur, serta bagaimana etnomatematika tersebut bisa digunakan dalam pembelajaran matematika. Pendidikan matematika dalam perspektif etnomatematika adalah pendidikan matematika yang memperdayakan pengetahuan dan kearifan lokal budaya Indonesia untuk disintesis ke dalam pengajaran matematika. Kebudayaan Indonesia yang akan dieksplorasi dibatasi pada aspek budaya materi dan non-materi. Aspek budaya materi berupa arsitektur Candi Borobudur, sedangkan budaya non materi adalah *local knowledge* atas arsitektur candi Jawa.

Fokus kajian buku ini adalah konsep-konsep etnomatematika pada arsitektur candi Borobudur dan budaya Jawa atas candi tersebut. Konsep etnomatematika pada penelitian ini merujuk pada pemahaman dari Ascher dan D'Ambrosio. Aspek yang akan dikaji menurut etnomatematika Ascher adalah aspek bilangan, logika, konfigurasi ruang, sistematikasi dan geometri. Sedangkan dari perspektif D'Ambrosio akan dikaji aspek literasi, matematisasi dan teknokrasi. Bentuk-bentuk etnomatematika pada candi Borobudur tersebut akan dirumuskan dan dikembangkan pada ranah pendidikan matematika.

Buku ini membahas tentang etnomatematika pada budaya Indonesia, khususnya yang terdapat pada Candi Borobudur. Etnomatematika adalah konsep-konsep dasar matematika seperti membuat pola, menghitung dan memprediksi yang ada pada kebudayaan-kebudayaan lokal. Tujuan penelitian adalah untuk menggali bagaimana bentuk etnomatematika pada budaya Indonesia berupa candi di Jawa Tengah yakni Candi

Borobudur. Aspek yang akan dianalisa adalah budaya jawa terkait Candi Borobudur dan sejarah pembangunan dan pemugaran candi tersebut. Selain itu, bentuk geometris dan konstruksi arsitektur adalah aspek yang akan dianalisis untuk mengungkap konsep-konsep etnomatematika pada Candi Borobudur. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengungkap bagaimana konsep etnomatematika tersebut bisa digunakan dalam pembelajaran matematika. Pendidikan matematika dalam perspektif etnomatematika adalah pendidikan matematika yang memperdayakan pengetahuan dan kearifan lokal budaya Indonesia untuk disintesis ke dalam pengajaran matematika.

Kajian dalam buku ini memiliki manfaat teoretis maupun praktis. Manfaat teoretis pada penelitian ini adalah mengembangkan wacana dan pengetahuan baru tentang etnomatematika. Penelitian ini akan memperkaya khasanah matematika dengan memberikan konsep-konsep matematika budaya pada candi di Indonesia. Berbagai bentuk geometris, sejarah dan budaya yang menopang nya memiliki muatan matematika lokal yang bisa memperkaya pengetahuan atas matematika.

Manfaat praktis dari Kajian dalam buku ini adalah pemanfaatan hasil kajian ini untuk tujuan pendidikan matematika. Berbagai konsep etnomatematika pada candi bisa dimanfaatkan oleh guru matematika sebagai materi atau landasan dalam melakukan proses pembelajaran matematika yang berbasis pada budaya lokal. Dengan menggunakan konsep etnomatematika yang berbasis budaya sendiri, maka siswa akan merasa lebih dekat dengan konsep matematika.

BAB 2

Etnomatematika, Matematika dan Pendidikan

Landasan Konsep Etnomatematika

Marcia Aser menerangkan bahwa *Mathematical ideas involve number, logic, or spatial configuration and, in particular, the combination or organization of these into systems or structures.* (gagasan matematika meliputi angka, logika, pengaturan ruang dan pengorganisasian dari hal tersebut pada suatu sistem atau struktur) (Ascher, 2017, p. 2). Aser adalah pionir dan pemikir kunci dalam etnomatematika, dimana ia memberikan konsep elementer atas matematika. Konsep elementer inilah yang akan memandu peneliti etnomatematika untuk menemukan konsep matematis dalam bentuknya yang berbeda dari matematika formal di berbagai budaya lokal.

M. Rosa and M.E. Gavarrete menjelaskan bahwa konsep penelitian etnomatematika bisa dipahami sebagai *how mathematics is made of many historically rich, diverse, and distinct traditions* (bagaimana konsep matematika dibentuk oleh tradisi kebudayaan yang kaya, beraneka dan berbeda-beda (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4)). Pada hal ini penting untuk menekankan bahwa keberagaman budaya merupakan hal yang penting dalam melihat bagaimana suatu konsep matematika terbentuk dan dipahami oleh manusia. Gagasan ini memberikan lensa multikultural dalam memahami matematika.

Rosa & Orey dalam M. Rosa dan M.E. Gavarrete menerangkan bahwa *ethnomathematics attempts to establish relations between the mathematical ideas and procedures embedded in local practices (emic) and academic conceptual frameworks (etic)* (etnomatematika

adalah usaha untuk membentuk hubungan antara gagasan matematika dan prosedur yang ada pada praktik-praktik lokal dan kerangka pikir konseptual akademik) (Rosa & Orey, 2016, p. 5). Dalam pengertian ini etnomatematika lebih dipahami sebagai usaha untuk menggali bagaimana sebetulnya masyarakat memahami matematika dalam keseharian. Rosa dan Orey memberikan pemahaman bahwa etnomatematika adalah cara untuk memahami bentuk-bentuk matematika lain. Selain itu, Rosa & Orey meletakkan etnomatematika sebagai jembatan bagi pembelajar matematika yang memiliki konsep matematika lokal untuk memahami matematika formal, dan sebaliknya (Rosa & Orey, 2016).

Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika

Dalam ranah pembelajaran, etnomatematika bisa digunakan sebagai materi penghubung yang bisa menjelaskan matematika formal pada pembelajar yang memiliki konteks budaya yang berbeda. Selain itu, bentuk etnomatematika yang terkadang memiliki landasan filosofis yang berbeda dengan matematika formal, dalam ranah pembelajaran, bisa digunakan sebagai materi pengayaan untuk memperkenalkan suatu bentuk matematika yang berbeda pada peserta didik. Sebagaimana Amit & Quoder sampaikan bahwa etnomatematika berusaha untuk membentuk hubungan antara materi matematika dan budaya dari pembelajar, dan terkadang kurikulum yang sesuai adalah yang sesuai dengan kebutuhan lokal dan budaya setempat, walaupun hal tersebut bisa keluar dari program pengajaran yang direncanakan (Amit & Abu Qouder, 2017).

Aspek Budaya

Menurut Koentjoroningrat dalam Yan Mujiyanto menyebutkan bahwa budaya adalah keseluruhan sistem gagasan tindakan dan hasil karya manusia dengan cara belajar (Mujiyanto &

Elmubarak, 2010). Secara wujudnya Hoeningman mengelompokkan budaya dalam bentuk gagasan, tindakan dan Artefak. Kebudayaan dalam bentuk gagasan merupakan sesuatu yang ada dalam pikiran seperti nilai-nilai, gagasan dan norma. Sedangkan budaya dalam bentuk tindakan mewujudkan dalam aktivitas individu dalam masyarakat yang membentuk pola umum. Kebudayaan dalam bentuk artefak diwujudkan dalam bentuk hasil karya fisik yang bersifat konkrit.

Dalam penelitian ini, kebudayaan Indonesia yang akan diamati akan dibatasi pada ranah kebudayaan berbentuk gagasan dan artefak. Budaya Indonesia dalam wujud artefak yang akan diteliti adalah bentuk Candi Borobudur di Jawa Tengah. Dari candi tersebut akan dianalisis bentuk-bentuk geometris yang terdapat di dalamnya. Selain itu, sejarah dan konsep budaya yang melingkupi Candi Borobudur juga akan diungkap dan dianalisa.

Aspek filosofis dan Landasan Konsep Etnomatematika

Pada bagian ini akan dibahas pengertian tentang etnomatematika, serta bagaimana konsep dasar dan landasan filosofis atas konsep dan program tersebut. Pada pembahasan ini akan diterangkan pemahaman dari Rosa dan Gavarrete tentang berbagai pioner dari konsep etnomatematika, yakni D'Ambrosio, Rosa dan Ascher.

Secara bahasa, etnomatematika bisa dipahami sebagai suatu bentuk matematika yang terdapat pada suatu budaya atau berbagai budaya. Sebagaimana penjabaran yang lebih detail tentang makna etimologis etnomatematika dari D'Ambrosio bahwa:

According to D'Ambrosio (1985), the etymology of ethnomathematics, the prefix ethno refers to sociocultural contexts and, therefore, includes language, jargon, and

codes of behavior, myths, and symbols. The derivation of mathema means to explain, to know, to understand, and to perform activities such as ciphering, measuring, classifying, ordering, inferring, and modelling. The suffix tics is derived from techné and has the same root as art and technique (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 6).

(Menurut D'Ambrosio (1985), etimologi dari etnomatematika, *ethno* awalan mengacu pada konteks sosiokultural dan, oleh karena itu, termasuk bahasa, jargon, dan kode perilaku, mitos, dan simbol. Derivasi *mathema* berarti menjelaskan, mengetahui, memahami, dan melakukan kegiatan seperti menulis kode, mengukur, mengklasifikasikan, memesan, menyimpulkan, dan membuat model. Sufik *tics* berasal dari *techné* dan memiliki akar yang sama dengan seni dan teknik)

Atas dasar pemahaman di atas, maka etnomatematika adalah bidang matematika yang luas, karena tidak hanya mencakup aspek matematika tetapi juga aspek budaya. Secara sederhana, kajian matematika adalah melihat bagaimana bentuk-bentuk matematika, seperti simbolisasi, mengukur dan membandingkan, namun pada konteks budaya tertentu, baik dalam bentuk simbol-simbol budaya maupun artefak budaya, dan tidak menutup kemungkinan dalam bentuk nilai dan moralitas tertentu.

Pandangan filosofis pada kajian etnomatematika adalah bahwa matematika bukan suatu bidang kajian yang sempit. Matematika adalah suatu kajian yang luas dan harus dilihat secara menyeluruh. Makna matematika harus diperluas, sehingga

pemahamannya tidak terjebak pada pemaknaan dan materi yang hanya ada pada buku teks belaka. Bentuk-bentuk lain dari matematika harus dieksplorasi. Sehingga penelusuran sistem budaya tertentu dan penafsirannya perlu digali, untuk bisa melihat berbagai bentuk matematika yang lain. Secara garis besar, etnomatematika memiliki landasan berpikir yang luas, sebagaimana dijabarkan berikut:

These basic principles of ethnomathematics define its philosophical and ideological postures, which are the roots of a holistic theory whose focus consists essentially of a critical analysis of the generation (creativity) and production of mathematical knowledge and its intellectual processes, as well as its institutionalization (academics) and diffusion through educational process (D'Ambrosio 2006). This holistic context includes diverse perspectives, patterns of thought, and histories, the study of the systems taken from reality in order to help students to reflect, understand, and comprehend extant relations among all of the components of the system (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4)

(Prinsip-prinsip dasar etnomatematika ini mendefinisikan postur filosofis dan ideologisnya, yang merupakan akar dari teori holistik yang *fokusnya* pada dasarnya terdiri dari analisis kritis generasi (kreativitas) dan produksi pengetahuan matematika dan proses *intelektualnya*, serta pelembagaannya (akademisi) dan peleburan melalui proses pendidikan (D'Ambrosio 2006). Konteks holistik ini mencakup beragam perspektif, pola pemikiran, dan sejarah, studi sistem yang diambil dari

kenyataan untuk membantu siswa merefleksikan, memahami, dan memahami hubungan yang masih ada di antara semua komponen sistem)

Rentang kajian etnomatematika dimulai dari perluasan makna matematika. Selanjutnya dengan definisi yang lebih luas, maka akan terbuka berbagai kemungkinan bahwa bentuk-bentuk budaya tertentu merupakan bagian dari matematika. Dengan penemuan bentuk matematika pada budaya lain, maka akan memperkaya pemahaman kita atas realitas dan memberi pengembangan dan kemajuan baru pada matematika. Selanjutnya, penemuan tersebut akan dikomunikasikan dan dikombinasikan dengan konsep-konsep matematika yang telah ada pada tataran akademik. Dengan komunikasi akademik dan pembelajaran, maka akan memberikan pandangan baru pada pembelajaran matematika.

Keterbukaan adalah kata kunci yang dibawa dalam pesan terdalam dari konsep etnomatematika. Etnomatematika adalah sebuah negosiasi dan resistensi atas dominasi dari suatu bentuk matematika. Etnomatematika membuka segala kemungkinan baru dan meluaskan batasan-batasan. Lebih jauh, etnomatematika melakukan penyejajaran atas bentuk matematika yang dianggap liar, lain dan langka. Lebih jauh, Rosa dan Gaverrete memberikan penjabaran tentang tujuan etnomatematika.

The main goal of ethnomathematics is building up a civilization free from truculence, arrogance, intolerance, discrimination, inequity, bigotry, and hatred of the others. In this regard, Western scientific arrogance is a disrespect of and outright refusal to acknowledge cultural identities by scientists and mathematicians that puts all

processes of understanding and comprehension of many non-Western cultural systems at risk (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4).

(Tujuan utama etnomatematika adalah membangun *peradaban* yang bebas dari kezaliman, kesombongan, intoleransi, diskriminasi, ketidakadilan, kefanatikan, dan kebencian terhadap yang lain. Dalam hal ini, arogansi ilmiah Barat adalah penghinaan dan penolakan langsung untuk mengakui identitas budaya oleh para ilmuwan dan ahli matematika yang menempatkan semua proses pemahaman dan pemahaman banyak sistem budaya non-Barat dalam bahaya)

Atas pemahaman di atas, maka etnomatematika adalah usaha untuk melakukan keadilan dan persamaan atas berbagai budaya. Konsep ini menolak dominasi atas suatu budaya tertentu. Setiap budaya memiliki keunikan sendiri, cara pandang sendiri dan rasionalitas sendiri. Oleh karena itu, mereka memiliki cara-cara tersendiri untuk membentuk dan mengartikulasikan gaya mereka dalam bermatematika dan mematematikakan realitas. Cara pandang peneliti etnomatematika adalah pemahaman atas keberagaman atas berbagai bentuk lain dari matematika di berbagai budaya. Sebagaimana ditegaskan bahwa *the core of ethnomathematics research increasingly demonstrates how mathematics is made of many historically rich, diverse, and distinct traditions*. (inti dari penelitian etnomatematika semakin menunjukkan bagaimana matematika dibuat dari banyak tradisi yang kaya, beragam, dan berbeda secara historis (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4).

Karena pemahaman yang luas atas matematika dan keyakinan atas adanya bentuk-bentuk lain dari matematika. Maka, adalah tugas dari peneliti matematika untuk menemukan berbagai bentuk tersebut pada berbagai bentuk masyarakat dan budaya. Matematika tidak hanya dipahami sebagai postulat, aksioma, formula, diagram, koordinat, pangkat, akar dan berbagai konsep-konsep yang telah mapan. Matematika tidak hanya hadir dalam ruang akademis, namun ruang keseharian yang kita alami. Dengan pandangan yang luas, yang mampu menerawang kedalaman makna simbol budaya, maka bentuk matematika bisa muncul dari berbagai kegiatan, simbol dan hasil kebudayaan. Sebagaimana dijelaskan bahwa:

The members of distinct cultural groups have developed mathematical concepts that are rooted in the universal human endowments of curiosity, ability, and transcendence. They characterize our very humanness. Awareness and appreciation of cultural diversity that can be seen in clothing, methods of discourse, religious views, morals, and our own unique worldview combine to allow us to understand each aspect of our daily life (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4).

(Berbagai kelompok budaya yang berbeda telah mengembangkan konsep matematika yang berakar pada anugerah keingintahuan, kemampuan, dan transendensi manusia yang universal. Mereka menjadi ciri *kemanusiaan* kita. Kesadaran dan apresiasi terhadap keanekaragaman budaya yang dapat dilihat dalam pakaian, metode wacana, pandangan agama, moral, dan pandangan dunia kita yang unik bergabung untuk memungkinkan kita

memahami setiap aspek kehidupan kita sehari-hari)

Kehidupan keseharian adalah sesuatu yang kaya. Ada banyak masalah yang harus dipecahkan, oleh karena itu banyak pemikiran yang sebetulnya hadir dalam kehidupan keseharian. Setiap konsep yang ditawarkan merupakan suatu bentuk penalaran. Serta, tidak menutup kemungkinan, berbagai penalaran yang digunakan dalam penyelesaian masalah sehari-hari adalah suatu bentuk baru dari konsep matematika.

Dalam berbagai masyarakat dan budaya, proses penyelesaian masalah bisa menggunakan prinsip matematika. Oleh karena itu, terdapat proses matematisasi (*mathematization*), yakni membentuk konsep-konsep ide dari berbagai realitas empiris. Sebagai mana dijelaskan bahwa *mathematization is a process in which members of a distinct cultural group develop specific mathematical tools that can help them to organize, analyze, comprehend, understand, and solve concrete problems located in the context of their real-life situations* (Matematisasi adalah proses di mana anggota kelompok budaya yang berbeda mengembangkan alat matematika tertentu yang dapat membantu mereka untuk mengatur, menganalisis, memahami, memahami, dan memecahkan masalah konkret yang terletak dalam konteks situasi kehidupan nyata mereka) (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4).

Bentuk matematika ini yang ada pada realitas keseharian adalah alat untuk memecahkan masalah yang mereka hadapi. Sebagai mana dijelaskan bahwa:

These tools allow for the identification and integration of specific mathematical ideas, notions, procedures, and practices by schematizing, formulating, and visualizing a problem in different ways, discovering relations, patterns,

and regularities, and transferring a real world-situation into mathematical ideas through the mathematization process (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 5)

(Alat-alat ini memungkinkan untuk mengidentifikasi dan mengintegrasikan ide-ide, gagasan, prosedur, dan praktik matematika tertentu dengan merencanakan, merumuskan, dan memvisualisasikan masalah dengan cara yang berbeda, menemukan hubungan, pola, dan keteraturan, dan mentransfer situasi dunia nyata ke dalam gagasan matematika. melalui proses matematika)

Oleh karena itu, proses berupa perencanaan, gagasan prosedur, visualisasi, korelasi, pembentukan pola merupakan proses matematika. Proses tersebut bisa jadi digunakan untuk melihat realitas dan menyelesaikan masalah yang dihadapi. Bentuk akhir dari proses matematisasi tersebut adalah suatu konsep etnomatematika, yakni bentuk matematika yang terdapat pada suatu budaya tertentu.

Karena matematika ada dan bersemayam di dalam suatu budaya, maka observasi yang tajam dan mendalam perlu diterapkan. Budaya merupakan suatu sistem simbol yang memiliki makna tertentu. Untuk memahami makna suatu simbol kita tidak bisa melihatnya dari perspektif luar. Suatu simbol memiliki makna tersendiri pada suatu budaya tertentu. Oleh karena itu, pendekatan emik atau pendekatan dari dalam perlu diterapkan. Peneliti harus mampu melihat *grammar* yang ada pada budaya tertentu, sehingga bisa mengartikan makna pada suatu simbol dengan tepat. Sebagaimana dijabarkan bahwa:

the emic approach focuses on the meaning of objects such as mathematical artifacts in the lives of the individual has also applied values theory to explain how people organize information in their own environment. An etic approach understands the mathematical phenomenon more cross culturally rather than cultural specific meanings (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 5).

(pendekatan emik berfokus pada makna objek seperti artefak matematika dalam *kehidupan* individu juga telah menerapkan teori nilai untuk menjelaskan bagaimana orang mengatur informasi di lingkungan mereka sendiri. Pendekatan etik memahami fenomena matematika lebih lintas budaya daripada makna spesifik budaya)

Namun, walaupun kita perlu dan harus melihat makna suatu simbol dari perspektif orang dalam, pandangan dari luar juga perlu dihadirkan. *According to this context, Rosa and Orey (2011) argue that ethnomathematics attempts to establish relations between the mathematical ideas and procedures embedded in local practices (emic) and academic conceptual frameworks (etic)* (Rosa & Gavarrete, 2017). Menurut konteks ini, ethnomathematics merupakan usaha untuk membangun dan menyusun gagasan, konsep dan prosedur matematis yang ada pada bentuk-bentuk aktivitas dan budaya lokal dan menyandingkannya dengan bentuk matematika akademik. Maka, etnomatematika adalah kombinasi antara emik dan etik atau integrasi matematika lokal dan matematika modern.

Perkembangan dan Aliran Pemikiran Etnomatematika

Pada bagian ini akan dibahas beberapa aliran dalam kajian etnomatematika. Terdapat dua aliran utama, yakni dari Ascher dan D'Ambrosio. Keduanya memiliki keyakinan bahwa ada bentuk lain dari matematika yang ada pada universitas, namun penekanan atas “yang lain” tersebut yang berbeda. Ascher melihat matematika lain, sebagai sesuatu yang asing dan bagian terpisah dari matematika barat. Sedangkan D'Ambrosio melihat matematika yang lain tersebut sebagai suatu variasi atas matematika yang ada. Lebih jelas akan dibahas pada uraian berikut.

Asher memahami matematika sebagai suatu gagasan yang meliputi berbagai aktivitas intelektual. Oleh karena itu, Asher memberi kriteria berbagai aktivitas intelektual yang tergolong bagian dari matematika. Berbekal kriteria tersebut, Asher mampu mengungkap berbagai bentuk konsep matematika yang ada pada budaya di luar budaya barat. Sebagaimana dijelaskan bahwa *Among mathematical ideas, we include those involving number, logic, spatial configuration, and, even more significant, the combination or organization of these into systems or structures.* (Di antara ide-ide matematika, kami memasukkan ide-ide yang melibatkan angka, logika, konfigurasi spasial, dan, yang lebih penting, kombinasi atau organisasi ini ke dalam sistem atau struktur) (Ascher, 2017, p. 2). Ide-ide tersebut adalah kriteria atau alat untuk bisa menemukan konsep matematika pada suatu budaya. Namun, bentuk-bentuk matematika tersebut tidak bisa dipahami tanpa pemahaman dari konsep matematika yang telah mapan. Oleh karena itu ada kelanjutan dari proses etnomatematika Asher, yakni:

Moreover, as we try to discuss the ideas of others, we will, of necessity, recast them into our Western mode. And, at times, in trying to convey the significance of ideas, we will

do so by elaborating on our Western expressions of them (Ascher, 2017, p. 3).

(Selain itu, ketika kita mencoba untuk mendiskusikan ide-ide orang lain, kita akan, tentu saja, menyusunnya kembali ke mode Barat kita. Dan, kadang-kadang, dalam mencoba menyampaikan signifikansi ide, kami akan melakukannya dengan menguraikan ekspresi *Barat* kami tentang mereka)

Sehingga, ada tiga tahap proses etnomatematika yang digagas Asher. Pertama adalah pendefinisian ulang matematika dan penentuan kriteria yang luas atas gagasan matematika. Kedua, melakukan eksplorasi pada suatu budaya di luar budaya barat dengan menggunakan kriteria tersebut. Terakhir, setelah menemukan bentuk matematika budaya, maka bentuk tersebut perlu dikonsultasikan atau dimaknai dan didiskusikan dengan konsep matematika Barat. Penekanan atas pembacaan barat atas matematika yang lain adalah sasaran kritik dari D'Abrosio.

Powel dan Frankenstein memaparkan adanya kelemahan dari sistem yang dibangun Asher.

Ascher define ethnomathematics as "the study of the mathematical ideas of nonliterate peoples". While acknowledging that mathematical ideas exist in all cultures, Ascher (1991) points out that this does not imply that, across cultures, mathematical ideas are the same(Powell & Frankenstein, 1997, p. 5).

(Ascher mendefinisikan ethnomathematics sebagai "studi

tentang ide-ide matematika masyarakat buta huruf". Sementara itu, ia mengakui bahwa ide-ide matematika ada di semua budaya, Ascher (1991) menunjukkan bahwa ini tidak menyiratkan bahwa, di seluruh budaya, ide-ide matematika adalah sama)

Ada tiga hal yang ditekankan dalam kritik kepada Asher. Pertama adalah penyebutan budaya lain sebagai sesuatu yang berkonotasi negatif, seperti masyarakat buta huruf dan sebagainya. Selanjutnya, pemahaman bahwa etnomatematika berada pada masyarakat lokal, maka akan menyempitkan pandangan. Terakhir bahwa ada kecenderungan Asher melakukan diferensiasi bahkan diskriminasi atas bentuk matematika lain. Sebagaimana lebih jauh dijelaskan bahwa:

However, circumscribing the terrain of ethnomathematics to the mathematical ideas of nonliterate, nonwestern peoples, we insist, is too small a circle. The radius should be longer since much lies in the complement of the circle (Powell & Frankenstein, 1997, p. 6).

(Namun, membatasi medan etnomatematika pada ide-ide matematika orang-orang buta huruf, non-barat, kami sangat yakin bahwa ini adalah jangkauan yang terlalu kecil. Jangkauan harus lebih panjang karena banyak kebohongan di bagian dari ruang lingkup yang ada).

Selain permasalahan penyempitan ruang lingkup etnomatematika, D'Abrosio memberikan kritik bahwa dengan melihat bentuk matematika lain dengan kaca mata matematika

barat, justru akan mempersempit pandangan. Konsep D'Ambrosio adalah keterbukaan dan holistik, oleh karena itu, dia lebih menekankan bagaimana membaca makna simbol matematis dan menemukan konsep-konsep dari dalam diri suatu budaya. Lebih lanjut bahwa untuk D'Ambrosio ethnomathematics, yang ada dalam sejarah matematika dan antropologi budaya, adalah usaha untuk mengatasi perbedaan Mesir dan Yunani, yakni antara matematika ilmiah dan matematika praktis, perbedaan yang ada sebetulnya berasal dari perbedaan kelas sosial ekonomi) (Powell & Frankenstein, 1997, p. 6).

Tanpa tergantung dengan pandangan dan penilaian dari budaya yang dianggap lebih tinggi atau mapan. Hal ini dijelaskan pada kutipan berikut:

Insightfully, D'Ambrosio the founder and most significant theoretician of the ethnomathematics program, points out that belief in the universality of mathematics can limit one from considering and recognizing that different modes of thought or culture may lead to different forms of mathematics, radically different ways of counting, ordering, sorting, measuring, inferring, classifying, and modeling(Powell & Frankenstein, 1997, p. 6).

(Insightfully, pendiri dan ahli teori paling penting dari program etnomatematika, menunjukkan bahwa *kepercayaan* pada universalitas matematika dapat membatasi seseorang dari mempertimbangkan dan mengakui bahwa berbagai cara pemikiran atau budaya mungkin mengarah ke berbagai bentuk matematika, cara menghitung, memesan, menyortir, mengukur, menyimpulkan,

mengelompokkan, dan memodelkan yang secara radikal sangat berbeda) (Powell & Frankenstein, 6).

Oleh karena itu, konsep etnomatematika dari D'Ambrosio lebih menekankan pada keterbukaan dan kesetaraan. Lebih jauh, etnomatematika adalah cara D'Ambrosio untuk merayakan perbedaan (*celebrating the diversity*), dalam ranah matematika.

Selain persoalan kesetaraan, etnomatematika pada pandangan D'Ambrosio adalah matematika yang luas. Matematika tidak hanya muncul pada budaya-budaya suku pedalaman atau suku lokal. Matematika, dalam hal ini etnomatematika bisa muncul dalam setiap lingkungan dan kehidupan sehari-hari.

Here, then, different cultural groups—industrial engineers, children, Peasants, computer scientists, for example—have distinct ways of reasoning, of measuring, of coding, of classifying, and so on. Consequently, each group has their own ethnomathematics, including academic mathematicians. Further, it is the informal and ad hoc aspects of ethnomathematics that broaden it to include more than academic mathematics (Powell & Frankenstein, 1997, p. 7).

(Di sini, kemudian, kelompok-kelompok budaya yang berbeda — insinyur industri, anak-anak, Petani, ilmuwan komputer, misalnya — memiliki cara berpikir yang berbeda, pengukuran, pengkodean, pengklasifikasian, dan sebagainya. Akibatnya setiap kelompok memiliki ethnomathematics sendiri, termasuk

matematikawan akademik. Lebih jauh, hal tersebut merupakan bentuk dari matematika informal dan *ad hoc* dari ethnomathematics yang memperluasnya lebih dari sekadar matematika akademis).

D'Ambrosio melihat bahwa berbagai bentuk kegiatan yang terlihat tidak akademis dan bukan bagian dari ahli, bisa jadi mengandung unsur matematika budaya. Berbagai profesi keseharian seperti petani, pedagang dan buruh memiliki konsep sendiri dalam menghadapi persoalan dan mereka mampu melakukan konseptualisasi matematis pada realitas yang mereka pahami. Namun, dengan pandangan yang sempit atas matematika dan pemahaman atas matematika akademik adalah matematika sejati, maka bentuk matematika yang muncul dalam kehidupan keseharian disingkirkan dari kriteria matematika. Sebagaimana dijelaskan *That is, there are mathematical notions of peoples that written history has hidden, frozen, or stolen. Including these ideas makes it clear that what is labeled "Western" mathematics is more accurately called "world mathematics"* (Yaitu, ada konsep matematika tentang orang-orang yang sejarah tertulis telah disembunyikan, dibekukan, atau dicuri. Termasuk ide-ide ini memperjelas bahwa apa yang diberi label matematika "Barat" lebih akurat disebut "matematika dunia") (Powell & Frankenstein, 1997, p. 8).

Arsitektur sebagai perwujudan Pengetahuan Matematika

Ciri dari majunya peradaban adalah penguasaan atas arsitektur dan matematika yang memungkinkan peradaban tersebut membuat bangunan-bangunan monumental. Secara disiplin, matematika dan arsitektur adalah dua hal yang berbeda. Namun, matematika dan arsitektur adalah disiplin yang saling

berarisan dan memiliki keterikatan yang kuat. Keunggulan arsitektur harus didukung dengan penguasaan matematika yang kuat. Oleh karena itu, bentuk-bentuk arsitektur bisa dijadikan penanda bahwa ada konsep-konsep matematika dibalik bangunan monumental tersebut. Matematika memungkinkan untuk membuat rancangan yang rumit dan mengah, tanpa matematika maka bangunan tersebut tidak akan berdiri tegak atau tidak semua dengan apa yang diinginkan. Keterikatan matematika dan para ahli arsitektur diungkap oleh Ostwald & Williams sebagai berikut:

At the same time, the acts of creating a chair, designing a house or constructing a ballista were all tasks that could be undertaken by artisans. Such skilled workers were trained in the practical processes of making (stone-cutting, woodwork) along with a range of knowledge domains including both geometry and metrology (Williams & Ostwald, 2015, p. 2).

(Pada saat yang sama, tindakan menciptakan kursi, mendesain rumah, atau membangun balista adalah semua tugas yang dapat dilakukan oleh pengrajin. Pekerja terampil seperti itu dilatih dalam proses praktis pembuatan (pemotongan batu, kayu) bersamaan dengan berbagai domain pengetahuan termasuk geometri dan metrologi)

Oleh karena itu, para arsitek harus memiliki pengetahuan matematika yang bisa menopang berbagai tindakan praktis mereka dalam merancang dan mendirikan suatu bangunan. Dengan keterikatan tersebut, maka bisa disimpulkan bahwa bangunan dan arsitekturnya adalah wujud nyata dari konsep-konsep matematika. Dengan melihat bagaimana arsitektur suatu

bangun maka bisa ditelusuri bagaimana konsep matematika dibalik arsitektur tersebut.

Ostwald & Williams menambahkan bahwa baik ahli matematika dan arsitek memiliki irisan dalam perbincangan dalam sebuah proyek tertentu (Williams & Ostwald, 2015). Hal ini bisa bermakna bahwa pengetahuan matematika bisa digunakan dan bahkan bisa berkembang ketika tegah bergulat dengan tema dan urusan arsitektur. Demikian juga sebaliknya, arsitektur bisa berkembang jika mendapat sentuhan pengetahuan baru dari matematika. Konsep baru dari matematika bisa menjadi sumbangan yang berharga untuk menyelesaikan berbagai persoalan pada proyek arsitektur monumental. Dengan demikian, bagi arsitek untuk berbicara dengan otoritas tentang geometri atau aritmetika membutuhkan kemauan dan kapasitas untuk melintasi batas-batas disiplin ilmu (Williams & Ostwald, 2015, p. 5). Maka dari itu, arsitektur pada beberapa tataran bisa disebut sebagai suatu kemajuan matematika atau bagian dari pengetahuan matematika.

Lebih lanjut, Ostwald & Williams menerangkan bagaimana kemungkinan hubungan antara matematika dan arsitektur. Ostwald & Williams menulis bahwa:

“What is the nature of the relationship that exists between architects and mathematicians?” The short answer is that the two share a common intellectual heritage and similar values and concerns. Both work with a highly structured system of symbols that support each other hierarchically to achieve an edifice” (Williams & Ostwald, 2015, p. 5)

(Apa sifat hubungan yang ada antara arsitek dan matematikawan?" Jawaban singkatnya adalah

bahwa keduanya memiliki warisan intelektual yang sama dan nilai serta kekhawatiran yang sama. Keduanya bekerja dengan sistem simbol yang sangat terstruktur yang saling mendukung secara hierarkis untuk mencapai bangunan)

Maka, secara singkat bisa disimpulkan bahwa arsitektur adalah ekuivalen dengan matematika. Walaupun kita menyadari ada batas pemisah keduanya dan bisa jadi mereka berjalan paralel. Namun, berbagai aktivitas dalam arsitektur dan pendirian bangunan sangat kental dengan konsep matematika, baik pengukuran, penghitungan, klasifikasi dan prediksi. Kegiatan-kegiatan arsitektur tersebut mustahil berjalan tanda matematika.

Ostwald & Williams menerangkan bahwa pada tingkat praktis, proses desain dan konstruksi untuk bangunan harus sesuai dengan perhitungan untuk pengukuran, jadwal, bobot dan perhitungan struktural (Williams & Ostwald, 2015). Dan semua itu menuntut pengetahuan matematika yang mumpuni. Maka, kegiatan konstruksi bangunan sangat bersifat matematis. Ostwald & Williams menjelaskan walaupun dengan cara yang berbeda, para arsitek sama dengan matematikawan yang menggunakan angka dan bentuk melalui cara simbolis, metaforis, atau semiotik. Sehingga bisa dikatakan bahwa terdapat kebiasaan yang selaras dalam arsitektur dengan matematika, dimana keduanya arsitek menggunakan geometri dan cabang matematika lain untuk menganalisa cara merancang bentuk dan untuk mengakses hierarki spasial atau mengukur sifat visual (Williams & Ostwald, 2015, p. 7).

Dari pemahaman antara konektivitas matematika dan arsitektur, maka pada penelitian ini akan diteliti bagaimana bentuk arsitektur candi Borobudur untuk mengungkap sisi matematis

kebudayaan Jawa. Ekstraksi pengetahuan etnomatematika pada candi Borobudur adalah dengan melihat bagaimana candi tersebut didesain dan dibangun dalam kerangka arsitekturnya. Dengan melihat sisi arsitektur candi Borobudur maka akan terlihat bagaimana kebudayaan Jawa menggunakan konsep matematika yang dimilikinya untuk mendirikan mega monumen tersebut.

Etnomatematika dalam berbagai Penelitian

Alfonsa M. Abi (2016) dengan judul “*Integrasi Etnomatematika Dalam Kurikulum Matematika Sekolah*”. Dalam penelitian ini Alfonsa Abi membahas bagaimana dan seperti apa pengintegrasian etnomatematika ke dalam kurikulum matematika dan model pembelajaran yang mendukung pembelajarannya.

Suwito & Trapsilasiwi (2016) meneliti dengan judul “*Pengembangan Model Pembelajaran Matematika SMP Kelas VII Berbasis Kehidupan Masyarakat Jawara (Jawa Dan Madura) Di Kabupaten Jember*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran inovatif yang dapat menumbuhkan dan melestarikan budaya melalui pembelajaran matematika.

Dedi Muhtadi, dkk (2017) menyusun penelitian “*Sundanese Ethnomathematics: Mathematical Activities in Estimating, Measuring, And Making Patterns*”. Penelitian ini mengungkap berbagai bentuk Etnomatematika Sunda yang dikelompokkan dalam berupa tiga aktivitas, yaitu: menaksir, mengukur, dan membuat pola. Dalam tiga bentuk etnomatematika tersebut terdapat konsep berupa kibik (satuan untuk mengukur volume), bata (satuan untuk mengukur luas lahan), dan jalur pihuntuan (model ayaman).

Veronica Rani (2018) melakukan penelitian “*Etnomatematika Pada Candi Ratu Boko Sebagai Pendukung Pembelajaran Matematika Realistik*”. Pada penelitiannya, Rani

mengemukakan bahwa pada arsitektur bangunan Candi Ratu Boko terdapat beberapa bangunan yang memiliki keterkaitan dengan matematika, yakni materi Geometri bidang datar seperti segitiga, persegi, persegi panjang, trapesium, jajargenjang dan lingkaran. Rani menyimpulkan bahwa etnomatematika berperan sebagai jembatan antara konsep abstrak matematika dengan objek realitas atau konkret dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian dari Abi dan Siwito&Trapsilasiwi memberikan bukti bahwa etnomatematika ada dalam budaya Indonesia dan sekaligus bisa digunakan dalam pembelajaran matematika sekolah. Sedangkan penelitian dari Muhtadi dan Rani secara lebih rinci mengulas konsep matematika etnis yang ada pada budaya Sunda dan Jawa. Muhtadi dan Rani menjabarkan bagaimana elemen-elemen dasar matematika muncul dalam konsep yang berbeda di budaya Sunda dan Jawa.

Walaupun Rani menyuguhkan etnomatematika di budaya Jawa candi Boko, namun belum menyingung candi lain yang lebih besar dan ikonik seperti Prambanan dan Borobudur. Selain itu, Penelitian dari Abi dan Siwito&Trapsilasiwi meskipun telah membahas bagaimana etnomatematika Indonesia dalam ranah pembelajaran, namun keduanya belum mengeksplorasi etnomatematika dalam budaya Jawa untuk pendidikan. Atas dasar analisa literatur yang ada penelitian dengan judul "*Eksplorasi Ethnomatematika pada kebudayaan Indonesia berupa Candi untuk membangun Pendidikan matematika berbasis kearifan lokal*" adalah original dan belum pernah dilakukan.

BAB 3

Etnomatematika dalam Candi Borobudur

Pada bab pembahasan ini akan diulas konsep etnomatematika secara mendalam, baik dari aspek filosofis dan landasan, Perkembangan dan aliran, dan penerapannya pada Pendidikan. Lebih lanjut akan dibahas secara mendalam tentang borobudur dalam perspektif etnomatematika. Pembahasan meliputi sejarah candi borobudur, teknik konstruksi borobudur dan bentuk matematis borobudur.

Sejarah Candi Borobudur dan Pemugarannya

Catatan sejarah menyebut bahwa Candi Borobudur dibangun pada abad ke delapan dan kesembilan oleh Dinasti Shailendra yang beragama Buddha (Nagaoka:1). Borobudur didirikan pada masa dinasti Shailendra itu dibangun bukan hanya sebagai kuil atau tempat ritual, namun borobudur dibangun untuk menghormati kemuliaan sang Buddha. Nama Borobudur diyakini berasal dari kata Sansekerta *vihara Buddha uhr*, yang berarti biara Buddha di atas bukit (Nagaoka, 2016, p. 1). Pada candi Borobudur terdapat relief-relief yang menceritakan kehidupan Sidharta Buddha Gautama dan mengandung ajaran-ajarannya. Oleh karena itu, Borobudur juga merupakan suatu bangunan yang memuat ajaran sang Buddha.

Candi Borobudur dirancang dalam arsitektur Buddha Jawa, yang memadukan pemujaan leluhur adat Indonesia dan konsep Buddha Nirvana (Nagaoka, 2016, p. 1). Selain terdapat berbagai relief yang menggambarkan ajaran Buddha, Candi Borobudur juga sebuah karya arsitektur yang menggambarkan

tahapan kehidupan manusia. Berbagai bentuk dan konsep yang ada pada bangunan Candi Borobudur memiliki makna filosofis tersendiri.

Walaupun Candi Borobudur adalah karya monumental masa lalu, namun candi tersebut sempat tidak terurus dan tidak mendapat perhatian oleh masyarakat sekitar. Bahkan sebelumnya Candi Borobudur, sebelum dipugar, dianggap tempat yang angker. Candi Borobudur ditemukan kembali pada tahun 1814 oleh Sir Thomas Stamford Raffles, yang saat itu menjabat sebagai Gubernur Jenderal. Pada masa pemerintahan Raffles, Candi Borobudur mengalami serangkaian konservasi dan dianggap sebagai salah satu situs berharga warisan peradaban Nusantara. Pada saat ditemukan kembali oleh Gubernur Jenderal Raffles, kondisi Candi Borobudur cukup memprihatinkan. Banyak arca, relief dan struktur yang rusak. Oleh karena itu, untuk bisa melihat keagungan bangunannya, diperlukan usaha dalam rekonstruksi kembali Candi Borobudur.

Sejarah menuturkan bahwa pembangunan Candi Borobudur setidaknya memakan waktu 25 tahun oleh dinasti Shailendra pada abad ke 8-9. Diperkirakan raja yang memerintahkan pembangunan candi adalah Indra atau Sri Sanggramadhamanajaya yang memerintah sekitar 782 tahun hingga tepat sebelum tahun 824 M. Konstruksi Borobudur diikuti oleh raja Samaratungga, pengganti Indra yang memerintah antara 824-832 AD.

Sejarawan yang meneliti Candi Borobudur, Jacques Dumarçay, menyatakan bahwa Borobudur dibangun dalam lima fase. Ini menandakan bahwa mega struktur Candi Borobudur memerlukan waktu yang lama dan serius pada pembangunannya (Dumarçay, 1991). Lima fase pembangunan Candi Borobudur diterangkan sebagai berikut:

Sekitar tahun 780, tahap awal pembangunan dimulai. Pembangunan Candi Borobudur dilanjutkan sampai sekitar tahun 792. Tahap ke-2 dan ke-3 dari pembangunan Borobudur tampaknya berlangsung selama tahun itu dan penataan ulang lengkap dari rencana awal dilakukan. Fase 4 dimulai pada tahun 824, dan fase-5 lanjutan dimulai pada 833 M hingga selesai dengan sempurna. Pada tahap 4 dan 5 konstruksi Borobudur digabungkan dengan dinding pagar pada tingkat pertama bersama dengan relief hias, tangga hingga teras ke-9, dan penambahan rak tambahan di sekitar kaki tambahan di bagian bawah candi (Munandar, 2018, p. 154).

Keterangan di atas menunjukkan bahwa pembangunan Candi Borobudur memerlukan waktu yang lama dan butuh berbagai usaha yang keras. Karena merupakan bangunan yang besar dan monumental pada masanya, pembuatan Candi Borobudur memerlukan perencanaan dan pelaksanaan yang matang.

Pada konstruksinya, Candi Borobudur disusun menggunakan batu andesit yang berbentuk persegi, bentuk struktur seperti pundak berundak yang semakin ke atas semakin mengecil dengan empat buah tangga yang terdapat di setiap sisi mata angin (Timur, Selatan, Barat, dan Utara). Struktur berundak seperti ini banyak terdapat di berbagai kebudayaan lain, termasuk piramida di Mesir. Konsep berundak adalah konsep yang sangat stabil, maka strukturnya bisa bertahan selama ribuan tahun. Strukturnya terdiri atas sembilan teras berundak yang terdiri dari

enam teras berdenah persegi dan tiga teras berdenah lingkaran, di antara bentuk teras tersebut terdapat lantai yang disebut *plateau*.

Candi Borobudur bukan sekadar bangunan, namun sebuah gambaran filosofis. Setiap detail konstruksinya memiliki makna filosofis. Sebagaimana diutarakan oleh Riyanto bahwa Candi Borobudur merupakan tiruan alam semesta yang terdiri dari tiga tingkatan secara vertikal, yaitu *Kamadhatu*, *Rupadhatu*, dan *Arupadhatu* (Riyanto, 2018, p. 84).

Gambar. Borobudur dari atas dan tingkatan-tingkatannya

Kamadhatu adalah level pertama atau pelataran paling rendah pada Candi Borobudur. *Kamadhatu* secara filosofis dimaknai sebagai tingkat terendah dari kosmologi Budha, yakni simbol dunia hasrat. Level kedua adalah *Rupadhatu* yaitu tingkatan kedua dari ajaran kosmologi Budhis yang mewakili dunia antara. Pada tahapan *Rupadhatu*, manusia mulai mendapatkan pencerahan dan mulai meninggalkan hasrat dunia (Riyanto, 2018, p. 85). Level paling tinggi pada Candi Borobudur adalah *Arupadhatu*. Level tertinggi ini terdapat stupa utama yang paling besar. Bagian ini merupakan bagian paling atas pada candi Budha. Secara filosofis, *Arupadhatu* adalah simbol dari unsur tak terwujud dan sebagai tanda dari tingkatan yang telah meninggalkan nafsu duniawi (Riyanto, 2018, p. 85). Pada ajaran Buddha, *Arupadhatu* adalah gambaran dunia tanpa rupa dan bentuk, lambang kesempurnaan abadi, suatu gambaran *nirvana* (Riyanto, 2018, p. 85).

Hal yang menarik pada arsitektur pada Candi di Jawa adalah bentuk dan ruang adalah manifestasi dari simbol, sedangkan simbol itu sendiri atau konsep adalah bentuk penafsiran atas realitas. Maka, bangunan bukan hanya dibuat untuk tujuan utilitas atau guna, tapi merupakan gambaran atas konsep filsafat tertentu. Sebagaimana diutarakan oleh Rahman bahwa ruang diubah oleh lambang-lambang dan ritual-ritual sehingga sifat kedewaan jadi terlihat dan arsitektur disebut '*Wastu Vidya*' ilmu persemayaman para dewa (Rahman:81). Pada pemahaman ini, kita harus melihat bahwa Candi Borobudur bukan hanya sekadar bentuk dan struktur, namun gambaran atas suatu konsep filsafat tertentu.

The construction, with these numerous stops and starts, lasted a period thought to be about seventy-five years. During such a length of time the techniques did not remain unchanged and several modifications in the methods used can be seen. However, in essence, it is a homogeneous construction of stone put together without mortar. Cohesion was consequently obtained internally, using different cuttings to ensure the strength of the building (Dumarçay, 1991, p. 28).

Konstruksi, dengan banyak pemberhentian dan permulaan ini, berlangsung selama periode yang diperkirakan sekitar tujuh puluh lima tahun. Selama waktu yang lama teknik-teknik itu tidak tetap tidak berubah dan beberapa modifikasi dalam metode yang digunakan dapat dilihat. Namun, pada intinya, itu adalah konstruksi batu yang homogen disatukan tanpa mortar. Konsekuensinya diperoleh secara internal,

menggunakan potongan yang berbeda untuk memastikan kekuatan bangunan.

Patung itu dimulai diposisikan ketika struktur selesai. Beberapa panel yang belum selesai memberikan indikasi teknik yang digunakan oleh para pematung. Pada batu halus yang tepat, desain ditandai dengan pahatan dan bagian-bagian yang membentuk latar belakang dimulai terlebih dahulu, sehingga meninggalkan volume relief yang agak cembung.

Konsep Etnomatematika pada Candi Borobudur

Pada bagian ini akan dijabarkan bagaimana konsep matematika yang ada pada Candi Borobudur. Perspektif yang digunakan untuk mengungkap pengetahuan matematika pada artefak budaya ini adalah konsep dari Ascher dan D'Ambrosio. Pada pemahaman etnomatematika dari Ascher, bentuk matematika di luar matematika formal disebut etnomatematika. Pada kebudayaan di luar budaya modern, konsep matematika tidak selalu berbentuk seperti apa yang ada pada matematika modern. Ascher menyebut bahwa etnomatematika pada budaya non modern bisa dilihat pada konsep bilangan, logika, konfigurasi ruang dan sistematisasi atau pembentukan pola. Tentu saja, konsep tersebut akan berbeda dengan apa yang ada pada matematika modern. Oleh karena itu, diperlukan cakrawala budaya yang cukup dan pengetahuan sejarah yang bisa diandalkan dalam menafsirkan bentuk-bentuk etnomatematika pada Candi Borobudur.

Di samping Ascher, konsep etnomatematika yang akan digunakan sebagai lensa pemikiran adalah dari D'Ambrosio. Tidak seperti Ascher yang melihat etnomatematika secara sempit, yakni berupa hasil pengetahuan atau pengetahuan yang sudah

terkonsep. D'Ambrosio melihat bahwa pembentukan, penguatan dan penggunaan pengetahuan matematika adalah bagian integral dari konsep etnomatematika. Maka dari itu, D'Ambrosio memberikan tiga konsep sebagai suatu proses yang berkesinambungan dan terikat dari etnomatematika, yakni literasi, metanarasi dan aristokrasi.

Pada bagian awal akan diulas bagaimana konsep etnomatematika Candi Borobudur dalam perspektif Ascher, berupa konsep bilangan, logika, ruang, dan pola. Bilangan pada budaya jawa kuno adalah bilangan yang diadopsi dari kebudayaan India, yakni system bilangan berbasis sepuluh. Logika yang muncul pada artefak Candi Borobudur adalah tentang keterikatan dan sebab-akibat antara manusia, symbol dan realitas dunia. Konfigurasi ruang pada Candi Borobudur berupa geometri fractal yang meniru bentuk natural. Sistematisasi yang ada pada Candi Borobudur adalah penggunaan pengetahuan yang ada untuk membentuk bangunan yang berhasil secara arsitektur dan memuat symbol spiritual. Berikut adalah penjabaran masing-masing konsep.

Konsep Bilangan

Candi Borobudur adalah bangunan yang luar biasa dan memerlukan perencanaan yang matang dalam pembangunannya. Karena bangunan ini adalah bangunan yang besar dan mengandung detail luar biasa, maka bisa dipastikan ada konsep bilangan yang menyokong pembangunannya. Jumlah stupa pada Candi Borobudur sebanyak 73 buah, dengan rincian 1 buah stupa induk, 32 stupa pada teras melingkar I, 24 stupa pada teras melingkar II, dan 16 stupa pada teras melingkar III. Adanya jumlah dan level/teras yang tersusun rapi dan sistematis menandakan mereka telah memiliki system bilangan dan perhitungan yang

baik. Secara kasat mata, bentuk Candi Borobudur baik dilihat dari samping maupun atas, terlihat simetri yang cukup akurat, walaupun tidak sama persis. Hal ini menandakan ada pengukuran dan perhitungan yang matang dalam arsitekturnya.

Pada budaya Jawa kuno, konsep bilangan mengadopsi pada system bilangan India, yakni bilangan berbasis sepuluh. Bilangan ini digunakan secara luas oleh para Brahmana dan Pandita dalam berbagai kegiatan, baik keilmuan, peribadatan maupun keseharian.

Konsep bilangan pada kebudayaan Jawa berbeda dengan sistem bilangan modern walaupun sama-sama berbasis sepuluh. Pada perspektif budaya Jawa, lambing bilangan tidak hanya menandakan jumlah, namun juga melambangkan sifat dan watak. Dalam tradisi Jawa konsep ini disebut *watak nilangan* atau watak bilangan. Setiap bilangan melambangkan watak tertentu, seperti 2 melambangkan pria dan 3 melambangkan wanita (Prabowo, 2010). Selain itu, bilangan dalam kosmologi Jawa sangat berhubungan dengan realitas yang mereka yakini. Oleh karena itu, sistem bilangan mereka melahirkan konsep primbon, yakni perhitungan dari numerasi atas sifat-sifat tertentu yang hasilnya sebagai panduan bertindak.

Selain itu, bilangan dalam kosmologi Jawa tidak hanya mewakili jumlah, namun juga benda atau realitas tertentu. Ketiganya adalah realitas yang berbeda namun saling terikat. Pada budaya Jawa, suatu besaran tidak hanya ditulis dalam bentuk angka, namun juga dalam perkataan. Konsep ini disebut *candrasengkala* atau *surya sengkala*. Sebagai contoh, penulisan 1600 sebagai sebuah tahun saka bisa ditulis melalui kalimat “*sirna ilang kertaning bumi*”. Keempat realitas tersebut

adalah wakil dari angka-angka. *Bumi* mewakili angka 1, *kertaning* mewakili angka 6, *ilang* mewakili angka 0, dan *sirna* mewakili angka 0 (Wawancara Irawan). Penjabaran ini menunjukkan bahwa, ada tiga entitas yang saling berhubungan dalam system bilangan pada budaya jawa, yakni angka, jumlah dan realitas.

Pada sistem pengukuran, tradisi Jawa menggunakan pengukuran tala, hasta dan depa. Ukuran yang seing muncul adalah tala. Satu tala setara dengan panjang ujung kepala sampai dagu, atau ada juga yang berpendapat panjang ujung jari tengah sampai pangkal telapak tangan (Wawancara Muhamad Iqbal). Ukuran tala digunakan untuk menentukan panjang pada berbagai arsitektur Jawa. Tidak seperti ukuran modern yang menggunakan standar baku, ukuran pada budaya jawa relatif bagi setiap orang. Hal ini karena tentu panjang kepala atau panjang telapak tangan setiap orang berbeda-beda.

Bentuk dan ukuran Candi Borobudur terlihat simetris, namun sebetulnya tidak. Ketika diteliti lebih lanjut, ukuran Candi Borobudur tidak simetris persis, namun mirip dan mendekati (Situngkir, 2018). Ukuran setiap batu penyusun, diameter dan besar stupa, serta proyeksi Candi ini tidak sama secara akurat.

Hokky Sutongkir menyebutkan bahwa pembuatan Candi Borobudur mirip seperti membuat pola batik. Konsep bentuk kemiripan yang ada pada pola tersebut tidak menggunakan mistar yang baku namun dengan presisi kognisi atau pikiran (Situngkir, 2018). Lebih lanjut, pola pembuatan Candi Borobudur adalah penyusunan mozaik batu-batu yang ada. Jadi, tidak seperti konstruksi bangunan modern yang membuat ukuran batu bata sama lalu disusun. Pembuatan Candi Borobudur dengan batu yang dibentuk namun mengikuti

ukuran asli batu tersebut. Seperti menyusun *puzzle* atau mozaik. Oleh karena menggunakan teknik penyusunan batu yang mozaik, maka konsep-konsep pengukuran baku seperti di dunia modern tidak diperlukan.

Logika

Logika secara sederhana dimaknai sebagai penalaran atas sebab-akibat pada suatu realitas. Pada budaya Jawa, terutama pada pembangunan Candi Borobudur, konsep logika tentang sebab akibat muncul pada konstruksi atau arsitektur bangunan. Candi Borobudur dibangun untuk menghormati sang Buddha, oleh karena itu konstruksinya adalah sebuah stupa raksasa dan juga relief yang menceritakan kehidupan sang Buddha (Wawancara Muhammad Iqbal). Sebagai bentuk bangunan yang agung dan penghormatan, Candi Borobudur dibangun secara massif, tinggi dan bertahan lama. Tujuan praktis tersebut menuntut arsitektur candi melakukan strategi yang logis agar tujuan tersebut tercapai.

Untuk bisa membangun bangunan yang sangat besar, strategi yang digunakan adalah bangunan tersebut dibangun di atas bukit. Selain lokasi yang filosofis terkait taman Lumbini, pembangunan di atas bukit juga membuat efek Candi menjadi besar dan tinggi. Karena membutuhkan batu yang cukup banyak, maka tidak mengherankan jika lokasinya berdekatan dengan Kali Progo. Walaupun tentu saja ada alasan filosofis dan spiritual dibalik dekatnya sungai tersebut. Namun, kedekatan dengan sungai memberi dampak kemudahan akses atas batu-batuan yang dibutuhkan (Dumarçay, 1991). Bangunan yang besar juga membutuhkan tenaga kerja yang banyak, maka tidak mengherankan jika Candi Borobudur dibangun di lahan yang subur, yang memiliki banyak penduduk.

Karena menginginkan bangunan yang bertahan lama, arsitektur Candi Borobudur memutuskan struktur yang paling logis dalam tujuan ini. Struktur yang bisa bertahan lama adalah struktur piramida, yakni lebar di bawah dan runcing di atas. Konstruksi ini membuat bangunan Candi tahan atas berbagai gangguan alam seperti badai, gempa bumi dan banjir.

Hal menarik lain adalah pada fase terakhir pembangunan, yakni ketika akan melakukan pemasangan stupa utama, terdapat permasalahan berupa struktur fondasi yang labil. Stupa yang ada terlalu besar dan membuat beratnya bisa merobohkan struktur fondasi (Nagaoka, 2016). Oleh karena itu, stupa utama diganti menjadi lebih kecil dan sekelilingnya terdapat berbagai stupa. Selain itu, ada penambahan struktur pada bagian bawah untuk menopang bangunan tidak runtuh. Hal ini diketahui dari ditemukannya struktur yang tertutup oleh fondasi baru.

Salah satu strategi logis pada Candi Borobudur untuk mempertahankannya dari air hujan adalah membuat saluran air (Munandar, 2018; Setyawan & Gunawan, 2018). Air hujan yang menggenang bisa membuat kualitas batu menjadi buruk dan bisa menggoyahkan fondasi candi. Oleh karena itu, pada Candi Borobudur, ada saluran air yang berfungsi mengalirkan air yang ada pada pelataran atas menuju bawah candi.

Berbagai strategi yang dilakukan untuk mencapai tujuan atas dibangunnya suatu candi sangat mengandalkan logika. Oleh karena itu, konsep sebab-akibat pada mega proyek Candi Borobudur sangat berperan. Selain alasan filosofis dan religious, bentuk candi, lokasi dan struktur tambahan adalah strategi-strategi logis dalam arsitektur Candi Borobudur.

Konfigurasi Ruang

Konsep ruang atau geometri pada Candi Borobudur sangat rumit, hal ini karena tidak hanya mengandung konsep geometri Euclidian tetapi juga terdapat konsep geometri fraktal (Situngkir, 2018). Jika kita melihat bangunan Candi Borobudur, maka akan terlihat adanya bentuk persegi, persegi panjang, lingkaran, dan balok. Berbagai bentuk tersebut masuk pada kategori bentuk geometri Euclidian. Bentuk mirip persegi dan lingkaran bisa dilihat pada struktur Borobudur pada gambar berikut:

Gambar . Bentuk geometris bersudut dan lingkaran

Gambar. Perpaduan bentuk yang bersudut dan kurva

Namun jika ditelusuri lebih lanjut, terdapat ornament yang sangat rumit dan berbagai bentuk tersebut mirip satu sama lain membentuk pola yang teratur. Konsep kemiripan dan pembentukan pola adalah dasar dari pembentukan pola geometri fraktal. Bentuk pola yang mirip satu sama lain bisa dilihat pada gambar berikut:

Gambar. 2 Pola Fraktal pada Borobudur

Hal lain yang menarik adalah, walaupun memiliki bentuk yang mirip dan terpola, berbagai bentuk itu tidak memiliki ukuran yang sama persis (Situngkir, 2018). Hal ini sesuai dengan bentuk fraktal di alam. Layaknya pola yang ada pada cangkang keong, bunga dan daun pada tumbuhan. Berbagai bentuk pada alam itu adalah simetris dan menyerupai satu

sama lain, namun tidak memiliki ukuran yang sama persis. Pembentukan Candi Borobudur juga dimungkinkan mengikuti landasan berpikir fraktal seperti itu. Satuan tala dan hasta yang tidak dibakukan panjangnya serta penyusunan batu secara mozaik telah membentuk struktur Candi Borobudur menjadi suatu dimensi fraktal yang indah, tidak presisi namun teratur.

Sistematisasi

Sistematisasi merupakan pembentukan relasi atas konsep-konsep yang ada menjadi suatu system yang utuh. Pada bangunan Candi Borobudur, terlihat bahwa bentuk bangunan Candi tersebut merupakan suatu system utuh yang sangat indah yang dibentuk dari berbagai elemen-elemen pendukung. Pembentukan suatu candi tersebut dimungkinkan karena penguasaan atas konsep bilangan, ruang, keindahan dan filosofis-religius. Bentuk simetris dan pola fraktal menunjukkan bahwa mozaik-mozaik batu disusun menjadi suatu bentuk yang utuh adalah bukti bahwa terdapat sistematisasi yang baik. Selain itu, perpaduan antar batu menggunakan berbagai sambungan adalah salah satu penguasaan atas konsep ruang dan formasi struktur.

Pada Candi Borobudur terdapat setidaknya empat bentuk sambungan antar batu. Sambungan tersebut adalah ekor burung, takikan, poros dan lubang, serta alur dan lidah (Puspitasari, Setyawan, & Rini, 2016). Penguasaan atas bentuk dan ruang memungkinkan mereka membuat status bangunan yang disusun dari batu tanpa semen dan perekat, yakni mengandalkan Teknik sambungan. Foto dan nama teknik sambungan tersebut menurut Puspitasari, Setyawan, & Rini adalah sebagai berikut

Gambar . 3 Sambungan purus dan lubang

Gambar 4. Sambungan ekor burung

Gambar 5. Sambungan alur dan lidah

Gambar 6. Sambungan takikan

Berbagai bentuk sambungan tersebut memungkinkan untuk penyusunan batu dalam jumlah yang besar namun tetap solid dan kokoh. Salah satu keuntungan dari konsep sambungan adalah ketahanan akan gempa. Karena masih memiliki celah (hasil konsep pengukuran non presisi) akan meminimalisir retakan jika terjadi vibrasi atau gempa. Konsep ini sama seperti pemasangan rel kereta api yang dibuat renggang untuk menghindari pemuaian pada logam. Berbagai strategi dan penguasaan atas konsep-konsep yang ada memungkinkan terbentuknya candi Borobudur yang monumental.

Geometri Fraktal pada Borobudur

Untuk melihat pengetahuan etnomatematika budaya Jawa pada candi, kita tidak bias bersandar pada pengetahuan matematika modern. Setiap kebudayaan dan masa memiliki cara ber-matematika sendiri yang sesuai untuk masyarakatnya. Oleh karena itu, bentuk etnomatematika pada candi di Indonesia tidak bias dilihat melalui konsep geometri Euclidian. Harus ada pemahaman lain atas geometri yang bias menjelaskan fenomena matematika pada candi Borobudur. Pada kebudayaan Indonesia, Situngkir menjelaskan bahwa

Geometri yang digunakan bukanlah geometri yang bersenjatakan penggaris dan busur derajat (Situngkir, 2018, p. 42). Konsep geometri yang ada pada berbagai artifek, baik batik maupun candi tidak berdasar pada bentuk dasar geometri Euclid. Budaya Indonesia memahami bentuk geometris seperti bentuk alam yang natural. Oleh karena itu, pemahaman atas geometri pada kebudayaan Indonesia tidak bisa direduksi pada geometri Euclidian. Yang ada di alam jauh lebih rumit dari itu. Jauh lebih tidak teratur. Batas antara laut dan daratan bukanlah garis, gunung bukanlah kerucut, awan-awan bukanlah garis lengkung (Situngkir, 2018, p. xxi). Lebih lanjut Situngkir menjelaskan bahwa ini merupakan geometri yang tak terpaku pada bentuk dan objek yang ingin diekspresikan, tetapi lebih pada media apakah ia hendak berekspresi, dengan komputasi ataukah canting batik!. (Situngkir, 2018, p. 28). Konsep matematika pada Candi tidak ditujukan untuk membantu supaya bias mereplika realitas. Namun konsep matematika atau geometri yang ada adalah ekspresi seni dari sang pelukis. Sebagai mana diterangkan:

Batik lebih peduli pada tema dan makna yang digambarkan dengan pelukisan dinamika *objek* yang menjadi simbol temanya. Ia tak peduli pada detail pengukuran dan kuantitas besaran ukur. Hal ini yang berkaitan dengan cara pandang orang-orang di nusantara memang lebih mengutamakan aspek kualitas dinamis yang tak mungkin terkuantifikasi ukur. Geometri lukis batik lebih menekankan pada pola dinamis atas aspek yang ingin digambarkan. (Situngkir, 2018, p. 27).

Oleh karena itu, relief dan bentuk arca pada Candi Borobudur tidak ditujukan untuk meniru realitas nyata. Pemahaman jawa menyatakan bahwa realitas adalah sesuatu yang kompleks dan adi luhur, sehingga tidak bias diungkap pada suatu karya yang mengklain sebagai imitasi atas realitas. Apa yang bias dilakukan adalah melakukan simbolisasi realitas dengan kreativitas. Sebagai contoh, bentuk stupa adalah perwujudan dari kepercayaan akan adanya kekosongan. Konsep kekosongan atas nafsu dan *dhukka*, yakni kondisi yang disebut sebagai nirvana. Konsep ini tidak bias dijelaskan maupun digambarkan oleh karena itu, hanya bias disimbolkan dengan bentuk stupa. Berbagai realitas keseharian juga memiliki makna seperti itu. Oleh karena itu, pengetahuan matematika pada budaya jawa tidak untuk mengejar presisi, namun berupa ungkapan ekspresi. Walaupun dengan konsep seperti itu, bangunan Candi Borobudur bias berdiri dengan megah, seperti diterangkan Situngkir bahwa;

Tanpa geometri, matematika, dan komputasi, mega-arsitektur serumit Borobudur dapat dibangun. Tanpa memiliki sistem metrik yang standar-yang tentunya adalah hal paling penting dalam melukis, apalagi membangun mega struktur *seperti* candi-tetapi dengan mengakuisisi teknik proses kerja dari aturan sederhana untuk menghasilkan pola arsitektur kompleks, Borobudur pun dibangun (Situngkir, 2018, p. 48).

Maka, pengetahuan etnomatematika yang bersemayam pada Candi Borobudur adalah pengetahuan geometri yang selaras dengan kerja lama. Borobudur sebagai hasil tumpukan

blok-blok batu yang ditempatkan dengan aturan-aturan sederhana seperti halnya alam mengisi struktur biokimia rongga-rongga molekul cangkang kerang dengan pigmen (Situngkir, 2018, p. 58). Konsep fraktal akhirnya muncul pada struktur bangunan Candi Borobudur. Simetri dan pengulangan pola dan perbandingan muncul pada bangunan tersebut. Sebagaimana diterangkan bahwa:

Terdapat perbandingan panjang 4: 6: 9 untuk ukuran kaki, badan, dan kepala candi secara keseluruhan, baik vertikal maupun horizontal. Tinggi dan lebar bagian candi yang disebut “kaki”, “badan”, dan “kepala” secara kasar memenuhi perbandingan *numerik* 4 berbanding 6 dan 9 (Situngkir, 2018, p. 52).

Perbandingan ini tidak hanya menunjukkan ukuran dan pilihan atas Teknik arsitektur, namun merupakan ekspresi seni dan keindahan. Di alam banyak perbandingan sejenis yang muncul. Oleh karena itu, bangunan Candi Borobudur adalah bangunan yang selaras dengan design alam, atau dengan kata lain cara pembangunannya meniru bagaimana alam dibuat. Ini merupakan cara bermatematikanya tak selazim yang dikenal oleh masyarakat modern (Situngkir, 2018, p. 58).

Proses Literasi

Pada kebudayaan Jawa kuno dna masyarakatnya, telah ada proses literasi yang kuat. Literasi tidak hanya dimaknai sebagai pemampuan untuk baca-tulis, namun kemampuan menangkap fenomena alam dan memaknainya sebagai sebuah konsep-konsep gagasan. Ketika melihat arsitektur Candi Borobudur, baik sejarah dan sudut pandang budaya jawa, maka akan terlihat berbagai konsep yang berperan. Ada banyak

konsep yang berperan berupa konsep bilangan, logika sebab-akibat, pemahaman atas bentuk dan ruang. Masyarakat Jawa melihat bahwa ada kesatuan kosmis antara realitas nyata, simbol (termasuk bilangan dan bentuk geometris) dan konsep gagasan. Pada stupa, kita melihat bahwa stupa bukan sekadar simbol namun berupa gagasan atas ajaran spiritual sang Buddha. Stupa merujuk pada gagasan atas kekosongan dan nirvana. Konsep ini mewakili cita-cita manusia untuk mencapai kesempurnaan. Selain itu, bentuk dan pola geometris pada candi merupakan ekspresi pemikiran dan spiritualitas. Bentuk berupa relief, ornamen dan bentuk arsitektur adalah simbol-simbol atas realitas.

Proses Matenarasi

Proses matenarasi adalah pembentukan pemahaman, simbol dan gagasan yang telah ada menjadi suatu kesatuan pada, berupa teori yang memiliki narasi. Berbagai pengetahuan yang ada baik berupa konsep bilangan, logika dan pengetahuan akan geometri membangun suatu pemahaman utuh atas filsafat dan ajaran spiritual. Kebutuhan akan suatu bangunan yang megah, monumental dan sekaligus spiritual terwujud karena ditopang berbagai konsep-konsep yang ada sebelumnya. Candi Borobudur adalah buti dari kecerdikan pikiran dan keanggunan spiritual. Keduanya bersatu menjadi suatu bangunan mega struktur yang bertahan ribuan tahun. Berbagai situs pada Candi Borobudur memiliki makna sendiri. Bentuk stupa paling tinggi yang besar dan tertutup adalah simbol atas pencapaian tertinggi spiritualitas. Tingkatan pada Candi Borobudur berupa Kamadhatu, Rupadhatu, dan Arupadhatu adalah bentuk narasi atas konsep-konsep yang mereka pahami atas dunia. Yakni berupa pencapaian kehidupan manusia, dari yang paling bawah dan hina sampai

paling tinggi yang agung. Selain itu. Berbagai relief dan ornamen pada candi adalah serangkaian konsep-konsep yang memiliki narasi yang selaras. Oleh karena itu, Candi Borobudur adalah suatu “kitab” yang merekam narasi konsep pemahaman atas dunia dan ajaran spiritual Buddha, baik dalam bentuk struktur arsitekturnya, relief nya maupun ornamennya.

Proses Teknokrasi

Proses aristokrasi adalah pemanfaatan pengetahuan yang sudah ada untuk kepentingan praktis. Dari penelusuran buku-buku sejarah, didapatkan bahwa pembangun Candi Borobudur banyak terdapat kendala. Namun karena penguasaan konsep dan pengetahuan matematis yang baik, berbagai kesulitan tersebut bisa diatasi. Sebagai contoh, untuk membangun bangunan yang besar sekali dengan bahan baku yang beragam bentuknya, maka balok batu tidak dibuat seragam dalam ukuran. Ukuran disesuaikan dengan bentuk asli batu. Penyusunan batu tanpa semen juga dimungkinkan dengan teknik sambungan yang memanfaatkan konsep simetri dan ruang. Selain itu, pengetahuan akan berat juga membuat Candi Borobudur ditambahkan fondasi tambahan di level bawah. Berbagai pengetahuan yang ada memungkinkan dibangunnya Candi Borobudur yang luar biasa.

BAB 4

Penerapan Etnomatematika dalam Pendidikan Matematika

Persinggungan etnomatematika dan pendidikan matematika banyak dikaji oleh para tokoh seperti Ubiratan D'Ambrosio dan Milton Rosa. Menurut D'Ambrosio, kajian etnomatematika adalah suatu proyek yang menggali konsep matematika pada budaya. Hasil kajian tersebut bisa memberikan pandangan kepada pendidikan matematika. Dengan mengkaji bagaimana matematika muncul dan berkelindan dalam kehidupan masyarakat dan budaya, D'Ambrosio mengusulkan adanya perubahan dalam pembelajaran matematika. Bentuk pembelajaran matematika tidak boleh terpaku pada konsep matematis saja, namun pada cara berfikir matematis serta penerapannya dalam kehidupan. Selain itu, Milton Rosa juga mengusulkan penerapan etnomatematika dalam pembelajaran matematika. Penerapan ini dimaksudkan sebagai penggunaan materi matematika budaya dalam pembelajaran. Oleh karena itu, pembelajaran matematika akan menjadi lebih kontekstual dan mengakar pada budaya peserta didik.

Etnomatematika Candi Borobudur dalam Pembelajaran Matematika

Dari kajian di atas bisa terlihat konsep etnomatematika yang ada pada Candi Borobudur berupa konsep Bilangan, Logika, Konfigurasi ruang, sistematisasi dan geometri fraktal. Pada segi proses juga terdapat proses literasi, matematisasi dan teknokrasi. Berbagai konsep etnomatematika tersebut sangat relevan untuk pembelajaran matematika.

Menurut D'Ambrosio, pembelajaran matematika dengan etnomatematika lebih diarahkan para pemahaman akan proses matematika budaya atau etnomatematika. Oleh karena itu, pada segi tujuan, pembelajar matematika lebih diarahkan untuk pembentukan pikiran peserta didik bagaimana konsep matematika terbentuk, dikombinasikan dan digunakan.

Pada kasus Candi Borobudur, pemanfaatan konsep etnomatematika yang ada tidak hanya sebatas pengenalan atas berbagai bentuk geometris dasar dan jumlah stupa, arca atau tinggi dan lebar bangunan. Etnomatematika lebih jauh dari itu. Dengan proses etnomatematika para peserta didik diharapkan bisa mempelajari bagaimana sistem bilangan terbentuk, bagaimana budaya Indonesia memahami proses abstraksi yang menghasilkan bentuk geometris dan bagaimana pengetahuan tersebut dimanfaatkan untuk membangun bangunan monumental dan menyelesaikan berbagai persoalan nyata.

Pada geometri, terdapat proses abstraksi, yakni pembentukan gagasan ideal seperti titik, garis dan bentuk geometri dari realitas nyata. Proses tersebut muncul pada kebudayaan Yunani. Dari kebudayaan Indonesia, khususnya jawa, juga terdapat proses abstraksi seperti itu yang memunculkan bentuk-bentuk yang digolongkan sebagai bentuk geometri fraktal. Yakni bentuk dengan ciri simetris atau menyerupai diri dan berulang membentuk pola. Bentuk ini muncul pada bangunan Candi Borobudur. Selain itu, logika dan sistem sambungan pada batu candi bisa digunakan sebagai pembelajaran atas proses teknokrasi. Yakni peserta didik diajarkan bagaimana penguasaan atas geometri berupa simetris dan kongruen bisa digunakan untuk membangun candi.

Pembelajaran dengan etnomatematika adalah pembelajaran yang bersifat penguatan kedalam maupun

eksplorasi keluar. Penguatan kedalam adalah mengambil pengetahuan etnomatematika untuk mempertajam konsep matematika yang sudah ada dan tekah mapan. Konsep geometri candi bisa memperkaya tentang pengetahuan atas materi bangun datar dan bangun ruang. Di sisi lain, penggunaan etnomatematika juga bertujuan untuk eksplorasi ke luar. Hal ini bermakna bahwa peserta didik diajarkan untuk melakukan eksplorasi atas pengetahuan-pengetahuan di luar sana. Untuk memperluas pengetahuan matematika yang telah ada dan juga mengembangkan pemikiran yang terbuka. Suatu bangunan pengetahuan tidak lahir dari ruang yang tertutup, namun dari sederetan adopsi dan adaptasi dari berbagai unsur dari luar. Bersikap terbuka dan menerima kehadiran “Yang Lain” adalah *ruh* dari etnomatematika.

Sumbangan Etnomatematika pada Perubahan Kurikulum Matematika

Pada pembahasan di sini, penulis lebih banyak merujuk pada pemikiran Ubiratan D'Ambrosio and Milton Rosa pada tulisannya yang berjudul *Ethnomathematics and Its Pedagogical Action*. Tulisan tersebut dimuat pada buku dengan judul *Mathematics Education dalam Ethnomathematics and its Diverse Approaches for Mathematics Education*.

Menurt D'Ambrosio, terdapat tiga hal yang diperoleh dari etnomatematika yang bisa diterapkan dalam perubahan kurikulum pembelajaran matematika. Tiga hal tersebut adalah literasi, metarasi dan teknokrasi. Ketiga konsep tersebut merupakan gagasan yang didapat dari kajian etnomatematika. Selih lanjut D'Ambrosio menerangkan tentang konsep literasi sebagai berikut:

Literacy is the capability that individuals possess to process information that are impregnated in their daily lives through the use of media (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 294).

(Literasi adalah kemampuan yang dimiliki individu untuk memproses informasi yang diresapi dalam kehidupan sehari-hari mereka melalui penggunaan media)

Sehingga, apa yang dimaksud dengan literasi bukan berarti kemampuan untuk membaca alfabet. Namun, lebih umum pada kemampuan seseorang untuk bisa memahami informasi. Berbagai masyarakat dalam budaya tertentu, mungkin memiliki sistem alfabet berbeda dan bahkan ada yang tidak memiliki sistem alfabet, namun mereka tetap memiliki kemampuan untuk mencerna informasi yang ada pada lingkungan sekitar. Mereka mampu membaca permasalahan dan fenomena alam dan lingkungan yang ada pada kehidupan mereka. Pemahaman mereka atas fenomena tersebut dimanifestasikan ke dalam simbol, gagasan, konsep dan berbagai bentuk lainnya.

Kemampuan selanjutnya yang menurut D'Ambrosio harus dimiliki peserta didik adalah kemampuan metarasi. D'Ambrosio menerjemahkan konsep tersebut sebagai berikut:

Matheracy is the capability individuals possess to infer, propose hypothesis, and drawing conclusions from data, which helps them to analyze and interpret signs and codes so they are able to propose and use models to find solutions to problems they face in their lives through the elaboration of abstract

representations of the real world (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 296).

Matheracy adalah kemampuan yang dimiliki individu untuk menyimpulkan, mengajukan hipotesis, *dan* menarik kesimpulan dari data, yang membantu mereka menganalisis dan menafsirkan tanda dan kode *sehingga* mereka dapat mengusulkan dan menggunakan model untuk menemukan solusi untuk masalah yang mereka hadapi dalam hidup mereka melalui elaborasi representasi abstrak dari dunia nyata.

Secara garis besar, metarasi adalah mengolah simbol dan konsep yang diproses dari tahapan literasi menjadi sesuatu yang terpola dan tersistematis. Metarasi adalah kemampuan untuk melakukan narasi dan sistematisasi matematis terhadap fenomena yang ada. Kemampuan ini adalah keahlian untuk membuat konsep matematika budaya. Pada bidang pendidikan, kemampuan ini akan membekali pembelajar untuk mampu memahami konsep-konsep matematika, kemampuan untuk menggali makna dibalik rumus dan keteraturan matematika, serta lebih jauh, membuat konsep mereka sendiri dari data-data yang mereka peroleh.

Konsep ketiga adalah teknokrasi, yakni bagaimana menggunakan pengetahuan yang telah dibuat untuk melakukan perubahan pada lingkungan. Kata kuncinya adalah perubahan dan kebermanfaatan dari matematika. Sebagaimana diterangkan bahwa:

Technocracy is the critical and reflective capability that individuals possess to use and combine different

technological instruments from the simplest to the most complex ones in order to help them to solve problems they encounter in everyday activities (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 297).

(*Technocracy* adalah kemampuan kritis dan reflektif yang dimiliki individu untuk menggunakan dan menggabungkan berbagai instrumen teknologi dari yang paling sederhana ke yang paling rumit untuk membantu mereka memecahkan masalah yang mereka hadapi dalam kegiatan sehari-hari).

Seperti konsep awal etnomatematika dimana matematika selalu terhubung dengan konteksnya, pada konsep ini peserta didik diajak untuk merenungkan apa manfaat yang diperoleh dari konsep-konsep matematika. Proses awal dari literasi dan metanarasi berujung pada teknokrasi. Secara sederhana tiga konsep tersebut adalah proses matematika yang dialami seseorang. Literasi sebagai kemampuan untuk memahami fenomena dan berubahnya ke simbol sederhana yang mudah. Selanjutnya, simbol sederhana tersebut diformulasikan dan disistematiskan sehingga bisa membentuk gagasan atas matematika, yang bisa bermanfaat untuk memecahkan masalah. Selanjutnya adalah teknokrasi, yakni bagaimana konsep tersebut bisa diimplementasikan dan digunakan untuk memecahkan permasalahan. Tiga hal ini adalah proses matematika yang harus dikuasai oleh pembelajar matematika.

Peran etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika yang Kontekstual

Selain mengusulkan perubahan dan perombakan pada paradigma kurikulum. Etnomatematika juga memberikan sumbangsih pada tataran materi. Berbagai konsep etnomatematika yang telah ditemukan dalam berbagai budaya, bisa digunakan sebagai media dan materi pembelajaran untuk mendukung ketercapaian pembelajaran. Dengan berbagai materi etnomatematika tersebut, maka akan memuat peserta didik merasa dekat dengan matematika. Hal ini memberi pemahaman bahwa matematika adalah pelajaran yang sangat erat kaitannya dengan lingkungan dan keseharian mereka, sebagaimana dijelaskan bahwa:

Ethnomathematics uses these cultural experiences as vehicles to make mathematics learning more meaningful and to provide students with insights of mathematical knowledge embedded in their sociocultural environment. Students understand the nature of mathematics as they become aware of the presence of mathematical knowledge in their own culture (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 302).

Ethnomathematics menggunakan pengalaman budaya ini sebagai wahana untuk membuat pembelajaran matematika lebih bermakna dan untuk memberi siswa wawasan dan pengetahuan matematika yang tertanam dalam lingkungan sosial budaya mereka. Siswa memahami sifat matematika ketika mereka menjadi sadar akan keberadaan

pengetahuan matematika dalam budaya mereka sendiri.

Oleh karena itu, etnomatematika juga bisa digunakan dalam pendekatan pembelajaran yang kontekstual. Konsep metode pembelajaran kontekstual dan matematika realistik bisa menggunakan hasil kajian etnomatematika untuk bahan mereka.

Wujud Matematika dalam Pemahaman Etnomatematika

Sebagaimana dijelaskan bahwa Among mathematical ideas, we include those involving number, logic, spatial configuration, and, even more significant, the combination or organization of these into systems or structures. (Di antara ide-ide matematika, kami memasukkan ide-ide yang melibatkan **angka, logika, konfigurasi spasial, dan, yang lebih penting, kombinasi atau organisasi ini ke dalam sistem atau struktur**) (Ascher, 2017, p. 2).

Berbagai kelompok budaya yang berbeda telah mengembangkan konsep matematika yang berakar pada anugerah keingintahuan, kemampuan, dan transendensi manusia yang universal. Mereka menjadi ciri kemanusiaan kita. Kesadaran dan apresiasi terhadap keanekaragaman budaya yang dapat dilihat dalam pakaian, metode wacana, pandangan agama, moral, dan pandangan dunia kita yang unik bergabung untuk memungkinkan kita **memahami setiap aspek kehidupan kita sehari-hari** (Rosa & Gavarrete, 2017, p. 4).

Tidak seperti Ascher yang melihat etnomatematika secara sempit, D'Ambrosio&Rosa melihat bahwa etnomatematika adalah suatu proses yang luas dan muncul

pada kehidupan sehari-hari. Menurut D'Ambrosio&Rosa, etnomatematika terdiri dari proses literasi, materasi dan teknokrasi. Lebih lanjut D'Ambrosio&Rosa menjelaskan bahwa : **Literasi** adalah kemampuan yang dimiliki individu untuk memproses informasi yang diresapi dalam kehidupan sehari-hari mereka melalui penggunaan media) (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 294). **Materasi** (*matheracy*) adalah kemampuan yang dimiliki individu untuk menyimpulkan, mengajukan hipotesis, dan menarik kesimpulan dari data, yang membantu mereka menganalisis dan menafsirkan tanda dan kode sehingga mereka dapat mengusulkan dan menggunakan model untuk menemukan solusi untuk masalah yang mereka hadapi dalam hidup mereka melalui elaborasi representasi abstrak dari dunia nyata (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 296). **Teknokrasi** adalah kemampuan kritis dan reflektif yang dimiliki individu untuk menggunakan dan menggabungkan berbagai instrumen teknologi dari yang paling sederhana ke yang paling rumit untuk membantu mereka memecahkan masalah yang mereka hadapi dalam kegiatan sehari-hari) (D'Ambrosio & Rosa, 2017, p. 297).

Pada penelitian ini, ketiga konsep atas etnomatematika dipakai untuk mengungkap bagaimana bentuk-bentuk matematika pada kebudayaan Jawa yang termuat pada Candi Borobudur. Konsep yang akan ditelusuri untuk mengungkap etnomatematika tersebut adalah: **angka, logika, konfigurasi spasial, kombinasi, literasi, materasi dan teknokrasi yang terdapat pada bidang yang berkaitan dengan konstruksi Borobudur dan bagaimana candi tersebut dibangun. Untuk melihat sisi etnomatematika candi Borobudur akan diungkap bagaimana bentuk geometris dan arsitektur Candi Borobudur.**

BAB 5

Kesimpulan Dan Saran

Etnomatematika merupakan konsep matematika yang inklusif. Pemahaman etnomatematika memberikan kesadaran bahwa ada bentuk-bentuk lain dari matematika formal dan modern yang kita pelajari di sekolah. Selain itu, etnomatematika memberikan kesadaran bahwa konsep matematika adalah sesuatu yang saling terhubung dengan konteks budaya di mana matematika tersebut dibentuk. Sehingga, matematika bukan sebuah konsep abstrak yang lepas dari kehidupan nyata. Matematika dalam pandangan etnomatematika adalah pemikiran yang bersumber dari pergulatan hidup di kehidupan nyata. Oleh karena itu, untuk mengembangkan pengetahuan matematika yang ada, perlu penelusuran bagaimana konsep matematika yang ada pada budaya dan kehidupan sosial.

Suatu kebudayaan memiliki cara ber-matematika sendiri. Seperti halnya budaya Jawa dan berbagai budaya di Indonesia. Kekayaan budaya Indonesia juga banyak mengandung unsur matematis. Bangunan bersejarah seperti Candi Borobudur adalah salah satu perwujudan bagaimana budaya Indonesia sesungguhnya memiliki konsep dan pengetahuan matematika. Arsitektur dan konsep geometris pada Candi Borobudur membuktikan bahwa ada pengetahuan matematika di balik pembangunannya. Suatu bangunan monumental pastinya ditopang oleh pengetahuan yang kuat atas arsitektur dan matematika.

Etnomatematika merupakan usaha untuk menelusuri bagaimana konsep matematika pada budaya-budaya lokal. Ascher berpendapat bahwa pada budaya lokal, aspek matematika yang bisa diungkap adalah konsep bilangan, logika, konfigurasi ruang dan sistematisasi konsep. Sedangkan menurut D'Ambrosio, matematika pada budaya lokal adalah suatu proses, bukan sekadar hasil. Proses tersebut muncul pada literasi, matematisasi dan teknokrasi.

Pada budaya Jawa terkait candi dan bentuk arsitektur Candi Borobudur terungkap berbagai konsep etnomatematika. Budaya Jawa memiliki konsep bilangan berbasis sepuluh yang handal untuk perhitungan. Selain itu, konsep bilangan pada budaya Jawa memiliki ikatan dengan pemahaman dunia. Angka tidak hanya mewakili jumlah, tetapi sifat dan pandangan kosmik. Pada Candi Borobudur terdapat berbagai konsep logis dan canggih yang memungkinkan bangunan itu bertahan selama berabad-abad. Seperti tentang keseimbangan, berat dan kekukuhan bangunan. Konfigurasi ruang dan bentuk geometris Candi Borobudur juga tergolong unik. Yakni perpaduan antara bentuk dasar geometris Euclidian dan geometri fraktal. Hal ini muncul pada konstruksi dasar yang bersudut dan lingkaran, serta ornamen, pola struktur dan relief yang berbentuk geometri fraktal.

Dalam perspektif D'Ambrosian, Candi Borobudur adalah bangunan yang mengandung simbol dan konsep-konsep spiritualitas. Hal ini menunjukkan budaya Jawa pada saat itu memiliki literasi yang kuat. Yakni kemampuan untuk membentuk gagasan dalam simbol dan konsep atas pemahaman dunia. Bentuk, simbol dan ukuran serta arsitekturnya adalah pemahaman dunia dari budaya Jawa kuno dan ajaran Buddha. Pada proses

matenarasi atau pembentukan konsep matematis (berupa simbol atau gagasan) terlihat pada konsep arsitektur bangunan Candi Borobudur. Bentuk simetris dan pola struktur pola frakta, serta berbagai simbol dan penafsirannya pada setiap situs di candi Borobudur adalah bukti bahwa mereka memiliki kemampuan untuk menarasikan konsep matematis mereka. Pada proses teknokrasi, kebudayaan Indonesia telah menunjukkan kehandalannya dengan berdirinya Candi Borobudur. Teknokrasi merupakan proses penggunaan pengetahuan matematis untuk tujuan praktis. Dengan adanya bangunan monumental Candi Borobudur yang simetris, kokoh dan tahan atas efek alam, serta perhitungan atas lokasi dan ketersediaan sumber daya. Maka, bisa disimpulkan bahwa Candi Borobudur adalah hasil dari teknokrasi pengetahuan etnomatematika. Konsep Candi Borobudur ditopang oleh sistem bilangan, filsafat spiritual, penentuan lokasi dan rancangan arsitektur untuk bisa mewujudkan bangunan Candi Borobudur yang bertahan selama berabad-abad.

Berdasarkan hasil kajian ini, penulis menyarankan agar pendidikan matematika di sekolah atau perguruan tinggi lebih mengakomodasi budaya lokal. berbagai kebudayaan lokal bisa dianalisis bentuk etnomatematikanya dan digunakan sebagai bahan ajar. Hasil penelitian ini bisa menjadi suplemen pembelajaran matematika yang bisa membuka wawasan kebangsaan dan kearifan lokal budaya bangsa.

Bagi peneliti lain, disarankan agar meneliti lebih lanjut tentang berbagai peninggalan budaya nusantara terkait etnomatematika. Selain itu, berbagai kitab arsitektur dan matematika pada naskah-naskah kuno bisa dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya. Penelitian terkait pembentukan

bahan ajar atau uji coba pendekatan etnomatematika juga sangat disarankan untuk dilakukan bagi peneliti lain.

Daftar Pustaka

- Amit, M., & Abu Qouder, F. (2017). Weaving Culture and Mathematics in the Classroom: The Case of Bedouin Ethnomathematics. In M. Rosa, L. Shirley, M. E. Gavarrete, & W. V. Alangui (Eds.), *Ethnomathematics and its Diverse Approaches for Mathematics Education* (pp. 23–50). https://doi.org/10.1007/978-3-319-59220-6_2
- Ascher, M. (2017). *Ethnomathematics: A multicultural view of mathematical ideas*. Routledge.
- Bishop, A. J. (1990). Western mathematics: The secret weapon of cultural imperialism. *Race & Class*, 32(2), 51–65.
- D'Ambrosio, U., & Rosa, M. (2017). Ethnomathematics and its pedagogical action in mathematics education. In *Ethnomathematics and its diverse approaches for mathematics education* (pp. 285–305). Springer.
- Dumarçay, J. (1991). *Borobudur*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Miller, R. L., & Brewer, J. D. (2003). *The AZ of social research: A dictionary of key social science research concepts*. Sage.
- Mujianto, Y., & Elmubarak, S. Z. (2010). *Pengantar Ilmu Budaya*. Pelangi Publishing Yogyakarta.
- Munandar, A. A. (2018). Borobudur Temple: The Interchange of Humanity Values and Ancient Architecture Development in Southeast Asia. *International Review of Humanities Studies*, 1(2).
- Nagaoka, M. (2016). *Cultural Landscape Management at Borobudur, Indonesia*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42046-2>
- Powell, A. B., & Frankenstein, M. (1997). Ethnomathematical Knowledge. In *Ethnomathematics Challenging Eurocentrism*

- in Mathematics Education*. New York, NY: State University of New York Press.
- Prabowo, A. (2010). Bilangan Dalam Khasanah Budaya Jawa. *Proc. of the Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 458–468.
- Puspitasari, D. E., Setyawan, H., & Rini, W. D. P. (2016). *Kearsitekturan Candi Borobudur*. Balai Konservasi Borobudur.
- Riyanto, D. (2018). PEMANFAATAN NILAI BUDAYA CANDI BOROBUDUR DALAM PEMBELAJARAN SEJARAH. *KALPATARU Jurnal Sejarah Dan Pembelajaran Sejarah*, 3(2), 83–83.
- Rosa, M., & Gavarrete, M. E. (2017). An Ethnomathematics Overview: An Introduction. In *Ethnomathematics and its Diverse Approaches for Mathematics Education* (pp. 3–19). Springer.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2016). State of the Art in Ethnomathematics. In M. Rosa, U. D'Ambrosio, D. C. Orey, L. Shirley, W. V. Alangui, P. Palhares, & M. E. Gavarrete (Eds.), *Current and Future Perspectives of Ethnomathematics as a Program* (pp. 11–37). https://doi.org/10.1007/978-3-319-30120-4_3
- Setyawan, H., & Gunawan, A. (2018). Penanganan Isu Keterawatan Candi Borobudur (Pembatasan Penggunaan Bahan Kimia dan Penanganan Kebocoran Dinding Candi Borobudur). In *Pelestarian Cagar Budayaku 10 Tahun Pelestarian Candi Borobudur 2007-2017*. Balai Konservasi Borobudur.
- Situngkir, H. (2018). *Kode-Kode Nusantara*. Bandung: Expose.
- Williams, K., & Ostwald, M. J. (2015). *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future*. Springer.

ETNOMATEMATIKA :

KONSEP DAN EKSISTENSINYA

ISBN 978-623-7699-01-9

9 786237 699019