PROFIL KOMUNIKASI MATEMATIK TERTULIS CALON GURU MATEMATIKA DENGAN TINGKAT KECEMASAN MATEMATIKA TINGGI DALAM PEMBUKTIAN MATEMATIKA

Kristianus V. Pantaleon[1),5)], Valeria S. Kurnila[2)], Maximus Tamur[3)], Fransiskus Nendi[4)]

[1)] *Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya*

[1)]kristianuspantaleon@mhs.unesa.ac.id

[2)3)4)5)]*STKIP St. Paulus Ruteng*

Jl. Jend. A. Yani 10, Ruteng-Flores-NTT

[2)]kurnilavaleria@yahoo.com

[3)]maximustamur@gmail.com

[4)]fransiskusnendi@gmail.com

Abstract—**Penelitian ini mengekplorasi proses komunikasi matematik tertulis calon guru matematika dalam pembuktian matematika pada subjek dengan tingkat kecemasan matematika tinggi. Penelitian kualitatif ini melibatkan 69 orang mahasiswa. Dari 69 mahasiswa tersebut dipilih satu orang mahasiswa dengan kemampuan matematika sedang dan tingkat kecemasan matematika tinggi sebagai subjek penelitian. Berdasarkan hasil analisis terhadap tugas yang dikerjakan dan interview mendalam ditemukan bahwa aktivitas komunikasi matematik yang muncul dalam pembuktian adalah: menjelaskan apa yang dipahami dari soal, menjelaskan metode yang akan digunakan, menyajikan ide dalam bentuk gambar dan simbol, menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai, menjelaskan ide, mengemukakan argumen, menyajikan langkah-langkah penyelesaian, menjelaskan ide, dan menegaskan hasil yang diperoleh. Hasil analisis memperlihatkan bahwa hampir pada setiap aktivitas komunikasi matematika, subjek tidak dapat menjelaskannya ide-idenya secara sistematis, logis, jelas, dan benar karena subjek gerogi dan tidak fokus pada pekerjaannya.**

Keywords— **komunikasi matematik; pembuktian; kecemasan matematika tinggi.**

I. PENDAHULUAN

Komunikasi matematik mempunyai keunikan yang membedakannya dengan komunikasi pada umumnya. Pasalnya, matematika sendiri adalah bahasa simbol (Kabael, 2012, 1-2, Henderson & Johnson, 1972, p. 13). Simbol-simbol itu berfungsi ganda yakni sebagai alat berpikir sekaligus berkomunikasi yang memungkinkan seseorang dapat menyatakan konsep, struktur, dan relasi-relasi matematika secara singkat, jelas, dan akurat (Skemp, 1971, p. 68, Esty & Teppo, 1996, p. 45). Pemaknaan simbol-simbol itu pun berlaku dan dapat diterima secara umum pada setiap komunitas matematika. Itu berarti, penguasaan berbagai simbol beserta maknanya mutlak diperlukan sebagai jaminan kesanggupan dalam berkomunikasi matematik di samping faktor-faktor lainnya seperti pemahaman konseptual, dan keterampilan prosedural.

Komunikasi matematik baik secara lisan maupun tertulis merupakan unsur penting dalam pembelajaran matematika (Pugalee, Bissell, Lock, & Douville, 2003, p. 238, Wichelt & Kearney, 2009, p.6). Oleh karena itu pembelajaran matematika harus didesain dalam bingkai komunikasi sebagai suatu aktivitas terpola yang dilakukan bersama oleh guru dan siswa *(collectively performed patterned activity)* (Sfard, 2008, p. 86). Melalui komunikasi, siswa dapat terlibat aktif untuk berpikir, membagi ide, dan mengklarifikasi pemahaman matematikanya (NCTM, 2000, p.60, Silver & Smith, 1996, p. 20). Selain itu, ketika siswa mengomunikasikan ide-ide matematikanya, guru dapat mengenal kemampuan matematika siswanya, mengetahui dengan jelas berbagai kesalahan konseptual dan prosedural yang mungkin terjadi dan kemudian dapat mengambil keputusan yang tepat untuk menolong mereka (Pourdavood & Wachira, 2015, p.17). Jadi, baik guru maupun siswa akan mendapatkan manfaat yang lebih banyak ketika mereka saling menerima dan menginterpretasi ide-ide secara akurat melalui komunikasi (Ben-Hur, p.66) baik secara lisan maupun tertulis.

Komunikasi matematik tertulis adalah proses mengekspresikan ide-ide atau pemahaman matematika dengan cara menuliskan ide-ide atau pemahaman tersebut sehingga wujudnya adalah tulisan (Ministry of Education, 2005, p.17). Komunikasi jenis ini sangat penting dan sering digunakan dalam dunia pendidikan terutama untuk mengukur seberapa besar daya serap siswa terhadap materi yang disampaikan dengan cara meminta siswa menuliskan apa yang dipikirkan atau dipahaminya berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Komunikasi matematik dengan cara “menulis” memainkan peran penting dalam banyak latihan matematika untuk menjelaskan ide, relasi, situasi, atau argumen matematika (Burton dan Morgan, 2000, p. 29). Menulis digunakan sebagai cara menghadirkan ide abstrak dalam wujud yang bisa dibaca sehingga dapat dikonsumsi juga oleh orang lain. Jadi, komunikasi matematik tertulis adalah proses mewujudnyatakan apa yang hendak disampaikan dalam bentuk tulisan baik berupa uraian, gambar, tabel, simbol, kode maupun sarana lain yang dapat dibaca. Komunikasi ini mencakup seluruh bagian matematika seperti penalaran, pemecahan masalah, bahkan sampai pada pembuktian sebagai "*the essence of mathematics”* (Knuth, 2002, p.1).

Pembuktian merupakan ciri matematika paling krusial yang membedakannya dengan disiplin lainnya (Öçal dan Güler, 2010, p.318) yang salah satu tujuannya adalah mengomunikasikan pernyataan ke dalam sistem deduktif (Stavrou, 2014, p.1). Pembuktian merupakan salah satu cara ampuh untuk membangun komunikasi matematik berdasarkan penalaran yang logis dan sistematis (Varghese, 2009, p.1). Dengan mengomunikasikan bukti, kebenaran-kebenaran dalam matematika tidak diterima begitu saja, tetapi dengan suatu pemahaman dan penalaran yang jelas dan meyakinkan. Namun demikian mengomunikasikan pembuktian bukan perkara gampang. Hasil kajian Yackel dan Hanna (2003, p. 231) memperlihatkan bahwa pembuktian dan pengembangan pemahaman bukti matematika masih merupakan tantangan bagi banyak siswa. Data ini diperkuat oleh temuan Ovez dan Ozdemir (2014, p. 4075) yang memperlihatkan bahwa calon guru matematika mempunyai banyak kesulitan dalam memahami bukti dan menulis bukti. Bukti matematik memang dikenal sebagai topik yang paling sulit untuk dipelajari (Heinze, 2004, p. 41; Mejia-Ramos & Inglis, 2009, p. 88). Masalah pembuktian nampak lebih rumit karena di dalamnya orang harus menunjukkan secara meyakinkan apakah suatu pernyataan tertentu jelas dinyatakan benar atau salah (Polya, 1973, p. 154). Jadi untuk mengomunikasikan ide-ide tentang pembuktikan dituntut penguasaan terhadap berbagai fakta, konsep, prinsip dan prosedur dalam matematika. Minimnya penguasaan terhadap hal-hal tersebut akan menyebabkan seseorang tidak mampu mengomunikasikan ide-ide pembuktiannya secara akurat, koheren, dan jelas.

Faktor lain yang turut memengaruhi proses komunikasi matematik, termasuk dalam hal pembuktian, adalah kecemasan terhadap matematika itu sendiri. Kecemasan matematika adalah suatu keadaan gelisah, kuatir, atau takut ketika merespon hal-hal berkaitan dengan metematika (Mutawah, 2015, p. 239, Belbase, 2013, p. 232). Kecemasan matematika muncul sebagai akibat kurangnya rasa percaya diri atau tidak yakin dengan kemampuan diri sendiri untuk menyelesaikan suatu tugas matematika (Kargar, et.al, 2010, p. 537, Wahid, et.all, 2014, p. 232. Kecemasan yang muncul sebagai reaksi dari pikiran dan perasaan negatif tersebut menghantui pikiran seseorang sehingga tidak dapat bekerja maksimal. Itu berarti mahasiswa yang tidak yakin dengan kemampuannya dalam melakukan tugas pembuktian akan mengidap “penyakit” kecemasan matematika yang berpotensi menganggu jalan pikirannya sehingga tidak dapat mengerjakan tugas pembuktian dengan baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Studi tentang komunikasi matematika telah banyak dilakukan, namun kebanyakan studi tersebut lebih menekankan pada hasil daripada proses. Dewi (2009), misalnya, meneliti tentang perbedaan profil komunikasi matematik mahasiswa calon guru dalam pemecahan masalah matematika. Dalam penelitiannya Dewi menetapkan tiga kriteria sebagai penentu profil komunikasi matematik yaitu keakuratan, kelengkapan, dan kelancaran yang dalam analisisnya mengacu kepada hasil akhir. Selain itu, Wichelt dan Kearney (2009) melakukan penelitian tentang komunikasi dalam pembelajaran matematika dengan menggunakan pertanyaan *open-ended.* Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman kosakata matematika siswa lebih baik ketika menggunakan pertanyaan *open-ended*. Lagi-lagi penelitian ini juga lebih menekankan hasil yaitu pemahaman siswa terhadap kosakata yang digunakan.

Kabael (2012) mengungkapkan bahwa guru-guru matematika sekolah menengah yang masih junior (dengan gelar sarjana) tidak mempunyai kemampuan komunikasi dalam bahasa matematika sebagaimana diharapkan dari seorang guru matematika. Kabael menemukan bahwa hanya tujuh dari empatbelas partisipan yang berhasil menulis suatu kalimat matematika yang diberikan dalam bahasa sehari-hari ke dalam bahasa matematika. Dalam penelitiannya ini, Kabael lebih menekankan hasil akhir yaitu kemampuan berkomunikasi. Kabael tidak mengeksplorasi aktivitas komunikasi yang muncul selama proses terjadi. Penilitian lain dilakukan oleh Prayitno, Suwarsono, dan Siswono (2013) yang mengkaji tentang komunikasi matematis siswa SMP dalam menyelesaikan soal matematika berjenjang ditinjau dari perbedaan gender. Tidak seperti beberapa penelitian sebelumnya, penelitian ini selain mendeskripsikan hasil akhir namun juga mengekspolarasi unsur-unsur komunikasi matematik yang muncul ketika siswa menyelesaikan soal. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa tiap-tiap jenjang soal matematika mengeksplorasi unsur-unsur kemampuan komunikasi matematis yang berbeda-beda. Mereka juga menemukan bahwa berdasarkan gender, siswa laki-laki cenderung lebih baik dalam hal komunikasi matematis secara tertulis, sedangkan siswa perempuan lebih baik dalam komunikasi matematis secara lisan.

Dari berbagai studi literatur di atas nampak bahwa sudah banyak penelitian yang mengkaji tentang komunikasi matematik, namun belum ada penelitian yang mengkaji komunikasi matematik dengan latar tinjauannya adalah kecemasan matematika sebagaimana yang ditekankan dalam penelitian ini. Padahal menurut Kargar, et.al, (2010, p.537) individu dengan kecemasan matematika tinggi kurang lancar dalam berpikir matematika sehingga mereka tidak dapat mengomunikasikan apa yang dipikirkan itu dengan baik. Kecemasan matematika juga dapat mengganggu pengelolaan kinerja memori ketika otak memroses hal-hal yang berkaitan dengan matematika (Ashcraft & Kirk, 2001, p.224). Hasil penelitian Ashraft dan Faust (1994, p. 97) memperlihatkan bahwa mahasiswa dengan tingkat kecemasan matematika yang berbeda mempunyai prestasi belajar matematika yang berbeda pula. Makin tinggi tingkat kecemasan seseorang makin rendah prestasi belajarnya. Dengan kata lain, makin tinggi tingkat kecemasan seseorang makin sulit seseorang mengomunikasikan ide-ide atau pemahaman matematikanya.

III. Metode Penelitian

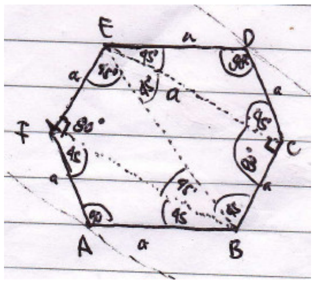
Penelitian ini adalah adalah penelitian kualitatif. Pengumupulan data dimulai dengan memberikan tes kemampuan matematika dan tes kecemasan matematika kepada 69 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika STKIP St. Paulus Ruteng. Berdasarkan hasil tes ini, dipilih satu orang mahasiswa dengan tingkat kemampuan matematika sedang dan tingkat kecemasan matematika tinggi sebagai subjek penelitian. Selanjutnya, subjek terpilih diberikan tugas pembuktian pertama (Tugas I) yang memuat dua nomor soal masing-masing tentang geometri dan aljabar. Hasil pekerjaan subjek kemudian dianalisis berdasarkan kerangka teoretis komunikasi matematik tertulis. Hasil interpretasi peneliti terhadap pekerjaan subjek dikonfirmasi kembali kepada subjek dengan melakukan wawancara mendalam berbasis tugas. Untuk memastikan keabsahan data yang dikumpulkan, peneliti melakukan triangulasi data dengan memberikan Tugas II yang setara dengan Tugas I dan disusul dengan wawancara mendalam seperti pada tahap sebelumnya. Hasil analisis data pada tahap pertama dan kedua kemudian dibandingkan untuk melihat kecenderungan data aktivitas komunikasi matematik yang muncul selama subjek mengerjakan tugas pembuktian. Data valid kemudian disajikan dan dideskripsikan untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang profil komunikasi matematik tertulis subjek dalam mengerjakan tugas pembuktian.

IV. Hasil dan Pembahasan

A. Deskripsi Data Berdasarkan Tugas I

Tugas I terdiri atas dua soal yaitu: (1) Buktikan bahwa jika ABCDEF adalah segienam beraturan dengan panjang sisi a satuan maka luas BCEF adalah $a^2\sqrt{3}$ satuan, dan (2) Buktikan bahwa untuk setiap bilangan bulat n jika n^2 ganjil maka n ganjil.

Aktivitas komunikasi yang muncul ketika subjek mengerjakan soal pertama adalah sebagai berikut. (1) *Menjelaskan apa yang dipahami dari soal*. Subjek memulai pembuktian dengan mengidentifikasi hal-hal yang diketahui dan yang akan dibuktikan berdasarkan soal yang diberikan. Subjek dapat menentukan apa yang diketahui dengan benar, tetapi kurang tepat dalam menyatakannya. Subjek menulis "Diketahui: Jika ABCDEF adalah segienam beraturan dengan panjang sisi a satuan". Maksud subjek benar, namun cara menyatakannya kurang tepat karena subjek menggunakan kata "jika". (2) *Menyajikan ide dalam bentuk gambar dan simbol.* Berdasarkan unsur yang diketahui selanjutnya subjek menggambar segienam beraturan dan memberinya nama ABCDEF dengan menuliskan huruf-huruf penyusunnya pada setiap titik sudutnya (lihat Gambar 1). Subjek juga membubuhkan huruf a pada setiap sisi segienam untuk menyatakan panjang sisinya adalah a satuan.



Gambar 1. Hasil pekerjaan subjek pada Tugas I soal nomor 1

(3) *Menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai*. Pada tahap sebelumnya subjek telah menyajikan ide dalam bentuk gambar segienam. Untuk mencapai hasil yang diharapkan, subjek memodifikasi gambar segienam tersebut dengan membuat garis putus-putus $\overline{CE}$, $\overline{BF}$, dan dan $\overline{BE}$, sehingga terbentuk daerah BCEF yang akan ditunjukkan luasnya (lihat Gambar 1). (4) *Menyatakan ide dalam bentuk simbol*. Gambar yang sudah dimodifikasi kemudian diberi

keterangan dengan menggunakan simbol-simbol. Subjek membubuhkan simbol sudut siku-siku pada sudut EFB dan sudut ECB untuk menyatakan bahwa besar sudutnya adalah 90° yang juga tertulis pada kedua sudut tersebut. Selain itu subjek juga memberi keterangan bahwa besar sudut EDC dan sudut FAB adalah 90°. Subjek dapat menyatakan dengan benar apa yang dipikirkannya, tetapi hal yang dinyatakan itu tidak benar sebab besar sudut dalam pada setiap sudut segienam beraturan adalah 120°. Keterangan yang diberikan juga tidak konsisten. Pada sudut dalam lainnya, misalnya sudut DEF, subjek memberi keterangan bahwa besar sudutnya adalah $45^\circ + 45^\circ + 45^\circ = 135^\circ$ yang juga tidak benar. (5) *Mengemukakan argumen*. Subjek memulai argumennya dengan memisalkan CE = C. Pemisalan ini tidak masuk akan karena CE menyatakan panjang, sedangkan C adalah salah satu titik sudut. Selanjutnya subjek berargumen bahwa "untuk ΔCDE, menggunakan teorema Phytagoras untuk mencari nilai C atau sisi miring". Menurut subjek, segitiga CDE adalah segitiga siku-siku (suatu asumsi yang keliru), sehingga untuk menentukan EC subjek menggunakan rumus Phytagoras. Ide yang dikemukakan ini secara konseptual tidak benar, sebab subjek salah menggolongkan atau mengklasifikasikan segitiga CDE. Segitiga CDE bukan segitiga siku-siku sebab besar sudut CDE sendiri 120° sehingga tidak mungkin besar salah satu sudut lainnya adalah 90°. Selain itu, jika diperhatikan secara saksama, penjelasan yang diberikan juga tidak runtut karena langkah-langkah penjelasannya tidak terurut dengan baik. Akan menjadi lebih runtut jika subjek memulainya, misalkan dengan menulis: "Perhatikan segitiga CDE. Segitiga CDE adalah segitiga siku-siku. Oleh karena itu kita dapat menggunakan rumus Phytagoras untuk menentukan panjang sisi EC". (6) *Menyajikan langkah-langkah penyelesaian*. Berdasarkan argumen yang sudah dikemukakan sebelumnya, subjek kemudian menyajikan langkah-langkah penyelesaiannya yaitu menentukan nilai C yang menurut subjek adalah sisi miring. Dalam penyelesaiannya, subjek juga tidak dapat menerapkan rumus Phytagoras dengan benar. Ide-ide yang dikemukakan juga tidak masuk akal. Sebagai contoh, subjek menulis "$C^2 = a^2 - a^2$" yang berarti bahwa panjang sisi miring (istilah yang digunakan subjek) adalah nol, yang jelas tidak benar. Penggunaan bahasa Indonesia pun kurang tepat karena ada kalimat yang kehilangan subjek. Atas dasar asumsi yang salah dan prosedur yang juga salah ini, subjek tidak dapat menentukan EC dengan benar. (7) *Menjelaskan ide*. Subjek mengakhiri pembuktian pada soal nomor satu ini dengan menjelaskan bahwa $\overline{EC}$ sejajar $\overline{FB}$, $\overline{EC}$ tegak lurus $\overline{FE}$, dan $\overline{FB}$ tegak lurus $\overline{BC}$ namun subjek tidak dapat menyatakannya dengan tepat. Subjek menulis: $EC \,//\, FB$; $EC \perp FE$; $FB \perp BC$. Penggunaan simbol-simbol matematika ini kurang tepat, terutama simbol untuk menyatakan "ruas garis" tetapi maksud subjek benar.

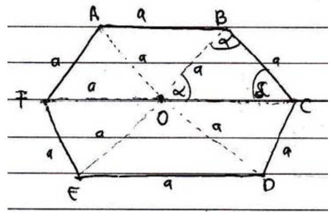
Selanjutnya, aktivitas komunikasi yang muncul ketika subjek menyelesaikan soal kedua adalah sebagai berikut. (1) *Menjelaskan apa yang dipahami dari soal.* Pada tahap awal ini subjek hanya menjelaskan unsur-unsur yang diketahui tetapi tidak menjelaskan unsur yang akan dibuktikan. Menurut subjek yang diketahui dari soal adalah n bilangan bulat dan n^2 ganjil. Subjek dapat menentukan unsur-unsur yang diketahui dengan tepat. (2) *Menjelaskan metode yang akan digunakan*. Pada tahap selanjutnya subjek menjelaskan metode yang akan digunakan dalam pembuktian yaitu dengan menggunakan kontraposisi. Metode ini sangat cocok, karena soal yang diberikan sulit dibuktikan secara langsung. Namun subjek tidak memberi penjelasan secara rinci tentang metode yang digunakan tersebut, misalnya dengan memberikan alasan singkat mengapa metode tersebut dapat digunakan. Uraian yang disajikan pun tidak runtut karena tidak ada penjelasan yang mengaitkan langkah yang satu dengan langkah selanjutnya, sehingga nampak bahwa penjelasannya tidak berkesinambungan. (3) *Menjelaskan ide*. Setelah mengemukakan metode yang akan dibuktikan, subjek menjelaskan bahwa "Dengan menggunakan sifat langsung: kita asumsikan bahwa nilai P selalu benar". Penggunaan frase "sifat langsung" agak membingungkan, padahal yang dimaksudkan subjek adalah pembuktian langsung. Hal ini tidak konsisten dengan metode yang ditentukan yaitu pembuktian tidak langsung dengan menggunakan kontraposisi. Hal ini sekaligus menggambarkan bahwa penjelasan yang diberikan tidak sistematis. (4) *Menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai*. Selanjutnya, subjek bermaksud mengubah pernyataan sebelumnya ke dalam pernyataan lain yang ekuivalen, yaitu bentuk kontraposisi dari pernyataan yang diberikan. Namun demikian, subjek tidak dapat menyatakannya dengan benar, sebab menurut subjek pernyataan "jika n^2 ganjil maka n ganjil" ekuivalen dengan "jika n^2 genap maka n genap" yang jelas salah. (5) *Menjelaskan apa yang dipahami dari soal.* Berdasarkan bentuk kontraposisi yang telah ditentukan, subjek menjelaskan kembali apa yang diketahui dan apa yang akan dibuktikan. Menurut subjek yang diketahui adalah n^2 genap sedangkan yang akan dibuktikan adalah n genap. Mengacu pada bentuk kontraposisi yang salah itu, apa yang ditentukan subjek ini benar, namun secara keseluruhan tidak dapat diterima karena prosedur yang dilalui tidak benar. (6) *Menyajikan langkah-langkah penyelesaian*. Subjek mengawali tahap ini dengan memisalkan $n^2 = 2k.$ Berdasarkan hasil wawancara yang dimaksudkan subjek adalah $n = 2k$ bukan $n^2 = 2k$ tetapi ini juga tidak masuk akal sebab menurut subjek yang diketahui adalah n^2 genap. Dengan pemisalan ini, subjek lalu menunjukkan bahwa $n^2 = 4k^2$ dengan k bilangan bulat. (7) *Menjelaskan ide*. Sebelum melanjutkan argumennya, subjek menjelaskan bahwa berdasarkan sifat ketertutupan, jika a dan b bilangan bulat maka $a \times b$ bilangan bulat, dan jika a bilangan genap dan b bilangan bulat maka $a \times b$ bilangan genap. Subjek dapat merumuskan pernyataan-pernyataan tersebut dengan tepat dan benar dengan menggunakan kalimat yang mudah dimengerti. Pernyataan-pernyataan tersebut adalah fakta dalam matematika yang kebenarannya dapat diterima. (8) *Menegaskan hasil yang diperoleh*. Pada bagian akhir perkerjaannya, subjek menegaskan hasil yang diperoleh dengan menulis: “Maka terbukti $n^2 = 4k^2; n = (\sqrt{4k})^2 = 4k$ ”. Penggunaan kata “maka” kurang tepat untuk mengakhiri suatu pembuktian. Kata yang tepat adalah “jadi”. Selain itu terlihat bahwa argumen yang dikemukakan ini pun tidak sistematis, karena penjelasannya justru kembali lagi ke pemisalan awal. Yang subjek tunjukkan justru n bukan n^2. Dengan kata lain subjek tidak berhasil menunjukkan bahwa n^2 adalah bilangan genap.

B. Deskripsi Data Berdasarkan Tugas II

Seperti Tugas I, Tugas II juga terdiri atas dua soal pembuktian yang masing-masing mengukur kemampuan subjek dalam bidang geometri dan aljabar. Kedua soal yang diberikan yaitu: (1) Buktikan bahwa luas segienam beraturan dengan panjang sisi a satuan adalah $\frac{3}{2}a^2\sqrt{3}$ satuan, dan (2) Buktikan bahwa untuk setiap bilangan bulat n, jika n^2 genap maka n genap.

Berdasarkan hasil pekerjaan subjek dan hasil wawancara dapat diidentifikasi aktivitas-aktivitas komunikasi matematik yang muncul selama subjek mengerjakan soal pertama. (1) *Menjelaskan apa yang dipahami dari soal*. Langkah pertama yang dilakukan subjek adalah menjelaskan apa yang diketahui dan yang akan dibuktikan berdasarkan soal. Subjek dapat menjelaskannya dengan benar dengan menggunakan bahasa yang mudah dimengerti. Menurut subjek yang diketahui adalah terdapat segienam dengan panjang sisi a satuan, dan yang akan dibuktikan adalah luas segienam $= \frac{3}{2}a^2\sqrt{3}.$

(2) *Menyajikan ide dalam bentuk gambar dan simbol*. Langkah ini dimulai dengan membuat pemisalan bahwa ABCDEF adalah segienam beraturan dan dilanjutkan dengan menggambar segienam beraturan tersebut (Lihat Gambar 2). Meskipun secara kasat mata panjang sisi-sisi yang digambarkan tidak sama panjang, tetapi subjek tahu bahwa panjang sisi-sisi segienam tersebut sama yaitu a satuan. Oleh karena itu subjek membubuhkan huruf a pada setiap sisi segienam beraturan tersebut.



Gambar 2. Hasil pekerjaan subjek pada Tugas II soal nomor 1

(3) *Menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai*. Selanjutnya, subjek memodifikasi gambar yang ada dengan terlebih dahulu menentukan titik tengah O dan kemudian menarik garis putus-putus yang panjangnya a satuan dari titik O ke setiap titik sudut segienam ABCDEF. Hasil modifikasi ini menampilkan kembali gambar segienam beraturan ABCDEF yang di dalamnya memuat enam buah segitiga sama sisi dengan panjang sisi a satuan (lihat Gambar 2). (4) *Menyatakan ide dalam bentuk simbol*. Gambar yang sudah dimodifikasi kemudian diberi keterangan dengan menggunakan simbol-simbol. Subjek membubuhkan simbol α pada sudut BOC, sudut OCE, dan sudut CBO untuk menyatakan bahwa besar sudut-sudut tersebut adalah α. (5) *Mengemukakan argumen*. Berdasarkan gambar yang sudah dimodifikasi subjek berargumen bahwa “segienam ABCDEF membentuk segitiga yang kongruen. Maka panjang dari setiap sisi sama yaitu sebesar a satuan”. Kalimat ini tidak lengkap sehingga tidak masuk akal. Yang subjek maksudkan adalah bahwa segienam ABCDEF terbentuk dari enam buah segitiga sama sisi yang kongruen. Namun demikian, pada penjelasannya ini subjek dapat menggunakan istilah matematika dengan benar yaitu istilah “kongruen”. Selain itu subjek berargumen bahwa “dalam segitiga sama sisi sudut yang dibentuk adalah 180°. Oleh karena itu setiap sudut yang dibentuk dari satu segitiga sebesar $\frac{180^\circ}{3} = 60^\circ$ ”. Maksud subjek benar, tetapi cara mengungkapkannya kurang sistematis dan kurang terinci dengan baik. Subjek hendak mengatakan bahwa jumlah besar sudut dalam

suatu segitiga (sama sisi) adalah 180° sehingga besar salah satu sudutnya adalah 60°. (6) *Menyajikan langkah-langkah penyelesaian*. Berdasarkan argumen yang dikemukakan subjek menyajikan langkah-langkah penyelesaiannya yang diawali dengan memilih segitiga OBC kemudian menghitung luasnya. Pada langkah ini, subjek dapat menyajikan langkah-langkah penyelesaian secara sistematis dan hasilnya juga benar. (7) *Mengemukakan argumen*. Selanjutnya subjek berargumen bahwa karena segitiga yang dibentuk adalah segitiga yang kongruen maka luas keenam segitiga tersebut sama. (8) *Menyajikan langkah-langkah penyelesaian*. Berdasarkan argumen pada langkah sebelumnya, subjek menyajikan langkah-langkah penyelesaian yaitu menentukan luas segienam beraturan ABCDEF dengan cara mengalikan luas salah satu segitiga yaitu segitiga OBC dengan enam. Aktivitas ini dapat dilakukan dengan benar, logis, sistematis. Bahasa yang digunakan pun dapat dimengerti dengan mudah. (9) *Menegaskan hasil yang diperoleh*. Pada bagian akhir pembukitan, subjek menegaskan kembali hasil yang sudah diperoleh. Kalimat yang dirumuskan subjek dapat dimengerti, namun pemilihan kata kurang tepat, karena subjek memilih kata "maka" untuk membuat kesimpulan. Kata yang tepat adalah "jadi".

Selanjutnya, pada soal kedua dapat diidentifikasi aktivitas-aktivitas komunikasi matematik sebagai berikut. (1) *Menjelaskan apa yang dipahami dari soal.* Subjek memulai pembuktian pada soal kedua ini dengan menjelaskan apa yang diketahui dan apa yang akan dibuktikan. Subjek dapat mengemukakannya dengan benar, tetapi penggunaan kata-kata kurang tepat. Subjek menggunakan kata "jika" untuk menjelaskan apa yang diketahui, yang sebenarnya tidak perlu. (2) *Menjelaskan metode yang akan digunakan*. Selanjutnya subjek menjelaskan metode yang akan digunakan yaitu pembuktian dengan menggunakan kontraposisi. Penjelasan yang diberikan subjek tidak sistematis, dan tidak terinci dengan baik sehingga sulit dimengerti. Subjek menulis: "Kita gunakan konsep kontraposisi pembuktian. $p \to q$ dengan asumsi p selalu benar". Subjek ingin menggunakan kontraposisi tetapi yang dijelaskan selanjutnya justru $p \to q$ bukan kontraposisinya. Subjek juga tidak memberikan alasan mengapa metode tersebut dapat digunakan. (3) *Menjelaskan ide*. Setelah memilih metode, dengan menggunakan simbol matematik, subjek menjelaskan bahwa $p \to q \equiv \neg q \to \neg p$. Selanjutnya subjek menentukan pernyataan untuk masing-masing simbol yang digunakan yaitu p, q, $\neg p$, dan $\neg q$. Subjek dapat menjelaskan semua pernyataan dengan benar, sistematis dan logis. Bahasa yang digunakan pun dapat dimengerti dengan baik. (4) *Menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai*. Sesuai dengan metode yang telah ditentukan, maka tahap ini subjek menyatakan kembali teorema yang diberikan dalam bentuk lain yang ekuivalen yaitu kontraposisinya. Aktivitas komunikasi ini dapat dilakukan dengan benar oleh subjek. Subjek juga menggunakan kata-kata yang mudah dimengerti. Namun demikian, penjelasan yang diberikan kurang sistematis. Subjek menulis: "Dengan menggunakan pembuktian tidak langsung: kita akan membuktikan jika n ganjil maka n^2 ganjil". Subjek tidak menyertakan pernyataan implikasi sebelum menentukan kontraposisinya. Hal ini menyebabkan pernyataan yang dibuat itu seolah-olah tidak berkaitan dengan pernyataan sebelumnya. Dengan kata lain penjelasannya menjadi tidak berkesinambungan. (5) *Menyajikan langkah-langkah penyelesaian*. Langkah-langkah yang disajikan tidak sistematis dan logis, dan tidak benar, sebab subjek tidak membuktikan apa yang mau dibuktikan. Subjek menulis: "Misalkan $n = 2k+1$; $n^2 = (2k+1)^2$; $n = 2k+1$ ". Uraian yang disajikan tidak terarah pada tujuan yang ingin dicapai yaitu menunjukkan bahwa n^2 ganjil. Subjek justru menunjukkan bahwa n ganjil. (6) *Menegaskan hasil yang diperoleh*. Di bagian akhir pembuktiannya, subjek menegaskan kembali hasil yang diperoleh walaupun hasil yang diperoleh itu salah. Dalam penjelasannya subjek tidak menggunakan kata yang tepat untuk membuat suatu kesimpulan. Subjek cenderung memilih kata "maka" dari pada "jika" untuk membuat kesimpulan.

C. Pembahasan

Latar pemilihan subjek dalam penelitian ini adalah kecemasan matematika dan yang dipilih adalah subjek dengan tingkat kecemasan tinggi. Peneliti tertarik untuk mengkaji hal ini lebih dalam karena berdasarkan hasil penelitian Ashraft dan Faust (1994, p. 97) subjek dengan tingkat kecemasan tinggi banyak melakukan kesalahan dalam menyatakan ide-ide matematikanya. Hal ini mendorong peneliti untuk secara khusus meneliti proses komunikasi matematik subjek dengan tingkat kecemasan tinggi.

Untuk menentukan subjek ini, peneliti menggunakan instrumen kecemasan matematik yang telah dikembangkan dan diujicoba oleh Wahid, at.al (2014, p.235). Ada tiga faktor utama yang digunakan sebagai penentu kecemasan dalam instrumen tersebut yaitu faktor *emotions*, *assessment*, dan *environment*. Instrumen ini terdiri atas 30 item dengan 5 pilihan jawaban. Namun dalam penelitian ini, peneliti hanya menggunakan 4 pilihan jawaban yaitu selalu, sering, jarang, dan tidak pernah. Pertimbangannya adalah untuk memperbesar range masing-masing pilihan sehingga responden lebih mudah membedakan pilihan yang satu dengan pilihan yang lainnya. Rentangan skor yang diberikan adalah 1 sampai 4. Pengkategorian tingkat kecemasan mengikuti aturan padad Tabel 1 berikut.

TABEL 1 PENGKATEGORIAN TINGKAT KECEMASAN

Kategori Kecemasan	Skor
Rendah	30 – 59
Sedang	60 – 89
Tinggi	90 – 120

Berdasarkan hasil penelitin, ditemukan bahwa aktivitas komunikasi matematik yang dilakukan subjek dalam proses pembuktian bergantung pada tipe soal, namun secara umum kecenderungan aktivitas tersebut sama. Pada soal pertama yang berkaitan dengan geometri, aktivitas komunikasi yang muncul adalah (1) menjelaskan apa yang dipahami dari soal, (2) menyajikan ide dalam bentuk gambar dan simbol, (3) menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai, (4) menyatakan ide dalam bentuk simbol, (5) mengemukakan argumen, (6) menyajikan langkah-langkah penyelesaian, (7) menjelaskan ide, dan (8) menegaskan hasil yang diperoleh. Sedangkan pada soal kedua aktivitas komunikasi yang muncul adalah (1) menjelaskan apa yang dipahami dari soal, (2) menjelaskan metode yang akan digunakan, (3) menjelaskan ide, (4) menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai, (5) menjelaskan apa yang dipahami dari soal, (6) menyajikan langkah-langkah penyelesaian, (7) menjelaskan ide, (8) menegaskan hasil yang diperoleh. Aktivitas-aktivitas di atas dilakukan berulang kali. Sebagai contoh aktivitas "menjelaskan apa yang dipahami dari soal" dilakukan sebanyak 5 kali, dan aktivitas "menyajikan ide dalam bentuk gambar" dilakukan sebanyak 2 kali.

Dari seluruh aktivitas komunikasi yang dilakukan subjek selama membuktikan keempat soal di atas, hanya 56,7 % aktivitas komunikasi matematik yang dapat dilakukan dengan tepat, jelas, logis, dan sistematis. Itu berarti hampir pada setiap aktivitas komunikasi matematika, subjek tidak dapat mengungkapkan idenya dengan baik. Berdasarkan hasil wawancara, subjek mengatakan bahwa ketika mengerjakan soal-soal tersebut, dia sangat gerogi dan tidak dapat berpikir dengan baik sehingga tidak dapat menyatakan apa yang dipikirkannya dengan baik pula. Hal ini merupakan tanda-tanda "*emotions*" yang menunjukkan bahwa subjek sedang dilanda kecemasan.

V. SIMPULAN

Dari hasil kajikan di atas, secara umum dapat disimpulkan bahwa aktivitas-aktivitas komunikasi matematik yang dilakukan subjek dalam pembuktian adalah: (1) menjelaskan apa yang dipahami dari soal, (2) menjelaskan metode yang digunakan, (3) menyajikan ide dalam bentuk gambar dan simbol, (4) menyatakan kembali ide dalam bentuk lain yang lebih sesuai, (5) menyatakan ide dalam bentuk simbol, (6) mengemukakan argumen, (7) menyajikan langkah-langkah penyelesaian, (8) menjelaskan ide, dan (9) menegaskan hasil yang diperoleh. Banyak aktivitas komunikasi matematik yang dilakukan subjek, tetapi karena dilanda kecemasan subjek tidak dapat menjelaskan atau menyatakan apa yang dipikirkannya dengan baik.

VI. SARAN

Penelitian ini hanya difokuskan pada subjek dengan tingkat kecemasan tinggi. Oleh karena itu, bagi peneliti lanjutan diharapkan dapat mengkaji lebih lanjut masalah ini untuk subjek dengan tingkat kecemasan sedang dan rendah.

Dalam pembelajaran, penting bagi guru untuk menciptakan pembelajaran yang memungkinkan siswa dapat mengomunikasi ide-idenya secara bebas tanpa dihantui rasa cemas.

DAFTAR PUSTAKA

Ashcraft, M. H., dan Kirk, E. P., 2001, "*The Relationship Among Working Memory, Math Anxiety, and Performance*", Journal of Experimental Psychology: General, Vol.130, No.2, 224–237.

Ashraft, M. H., dan Faust, M. W., 1994, "*Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: An exploratory investigation*", Cognition and Emotion, 8(2), 97 – 125.

Ben-Hur, M., -, *Concept-Rich Mathematics Instruction, Building a Strong Foundation For Reasoning and Problem Solving,* Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, Virginia USA.

Belbase, S., 2013, "*Images, anxieties, and attitudes toward mathematics*", International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1(4), 230 – 237.

Burton, L. & Morgan, C., 2000, Mathematicians Writing. *Journal for Research in Mathematics Education,* Vol. 31, No. 4, 429 – 453.

Dewi, I., 2009, *Profil Komunikasi Matematika Mahasiswa Calon Guru Ditinjau dari Perbedaan Jenis Kelamin*, Disertasi, Unesa, Surabaya.

Esty, W.W., & Teppo, A. R., 1996, Algebraic Thinking, Language, and Word Problems, dalam P.C. Elliot & M. J. Kenney (Eds.), *Communication in Mathematics*, *K-12 and Beyond* (pp. 219-230). NCTM, Reston, Virginia.

Heinze, A., 2004, *The Proving Process In Mathematics Classroom – Method And Results Of A*

Video Study, Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol 3 pp. 41–48.

Henderson, G.L., dan Johson, C.H., 1972, *The four roles of mathematics*, Massachusetts: Prindie, Weber & Schmidt, Incorporated, Boston.

Kabael, T., 2012, "*Graduate Student Middle School Mathematics Teachers' Communication Abilities in the Language of Mathematics*" Procedia-Social and Behavioral Sciences 55, pp. 809 – 815.

Kargar, M., Tarmizi, R. A., dan Bayat, S., 2010, "*Relationship between Mathematical Thinking, Mathematics Anxiety and Mathematics Attitudes among University Students*", Procedia Social and Behavioral Sciences 8, 537–542.

Knuth, J. Eric, 2002, *"Secondary School Mathematics Teachers' Conceptions of Proof*". Journal for Research in Mathematics Education 2002, Vol. 33, No. 5, 379-405.

Mejia-Ramos, J. P., dan Inglis, M., 2009, *Argumentative and proving activities in mathematics education research*., dalam F. L. Lin, F. J. Hsieh, G. Hana, dan M. Villiers (eds.), Proceedings of the ICMI Study 19 conference: Proof and Proving in Mathematics Education, Volume 2. pp. 88 – 93.

Ministry of Education, 2005, *The Ontorio Curriculum, Grades I to 8 Mathematics,* ON: Queen's Printer for Ontorio, Toronto.

Mutawah, M. A. A., 2015, "*The Influence of Mathematics Anxiety in Middle and High School Students Math Achievement*" International Education Studies; Vol. 8, No. 11.

NCTM, 2000, *Principles and Standards for School Mathematics,* The National Council of Teacher of Mathematics, Inc., Reston.

Öçal, M. F., dan Güler, G., 2010, "*Pre-service mathematics teachers' views about proof by using concept maps*", Procedia Social and Behavioral Sciences 9, 318–323.

Ovez, F. T. D., dan Ozdemir, E., 2014, "*The Investigation of Prospective Mathematics Teachers' Proof Writing Skills and Proof Self-Efficacy*", Procedia - Social and Behavioral Sciences 116, 4075 – 4079.

Polya, G., 1973, *How To Solve It; A New Aspect of Mathematical Method*. New Jersey: Princeton University Press.

Pugalee, D. K., Bissell, B., Lock, C., Douville, P., 2003, *The Treatment of Mathematical Communication in Mainstream Algebra Texts*. The Mathematics Education into the 21st Century Project, Proceedings of the International Conference The Decidable and the Undecidable in Mathematics Education Brno, Czech Republic.

Pourdavood, R. G., dan Wachira, P., 2015, "Importance of Mathematical Communication and Discourse in Secondary Classrooms", *Global Journal of Science Frontier Research: F Mathemamatics and Decision Sciences*.

Prayitno, S., Suwarsono, S., dan Siswono, T.Y.E., 2013, *Komunikasi matematis siswa SMP dalam menyelesaikan soal matematika berjenjang ditinjau dari perbedaan gender*, Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, 9 November 2013.

Sfard, A., 2008, *Thinking as Communicating: Human Development, the Growth of Discourses, and Mathematizing*, Cambridge University Press, USA.

Silver, E. A., dan Smit, M. S., 1996, Building Discourse Communities in Mathematiscs Classrooms: A Worthwhile but Challenging Journey. Dalam P.C. Elliot & M. J. Kenney (Eds.), *Communication in Mathematics, K-12 and Beyond*, NCTM, Reston, Virginia.

Skemp, R. R., 1971, *The Psychology of learning mathematics,* Ricard Clay Ltd., Suffulk.

Stavrou, S. G., 2014, "*Common Errors and Misconceptions in Mathematical Proving by Education Undergraduates*", IUMPST: The Journal. Vol 1.

Varghese, T., 2009, *Secondary-level Student Teachers' Conceptions of Mathematical Proof*, IUMPST: The Journal. Vol 1 (Content Knowledge).

Wahid, S. N. S., Yusof, Y., dan Razak, M. R., 2014, "*Math anxiety among students in higher education level*", Procedia - Social and Behavioral Sciences 123, pp. 232 – 237.

Wichelt, L., dan Kearney, NE., 2009, *Communication: A Vital Skill of Mathematics,* DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln.

Yackel, E., dan Hanna, G., 2003, Reasoning and Proof. Dalam J. Kilpatrick, W.G. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics*, NCTM, Resto.